Agriculture
Canada

New Brunswick
AGRICULTURE
Nouveau-Brunswick

Agri-food Agreement

Entente Agro-alimentaire

1984-1989

Canada

New Brunswick
Nouveau-Brunswick

Canada

New Brunswick
Nouveau-Brunswick

1984-1989
AGRI-FOOD DEVELOPMENT AGREEMENT
ENTENTE SUR LE DEVELOPPEMENT DU SECTEUR AGRO-ALIMENTAIRE

APPLICATION OF A GROWTH MODEL FOR PREDICTING YIELD AND DEVELOPMENT OF POTATOES IN NEW BRUNSWICK ENVIRONMENT

(T118)

A.F.A. Project Report
1987-2

Prepared by: G.C.C. Tai, G. Reed and G.C. Misener
Fredericton, N.B.
(506) 452-3260 (Tai and Misener)
(506) 453-2108 (Reed)

Published June 30, 1987

Report on a project funded by Agriculture Canada and the New Brunswick Department of Agriculture under the Canada-New Brunswick Agri-Food Agreement (1984-1989).

Agriculture Canada

N.B. Department of Agriculture

APPLICATION OF A GROWTH MODEL FOR PREDICTING YIELD AND DEVELOPMENT OF POTATOES IN NEW BRUNSWICK ENVIRONMENT

G.C.C. Tai, G. Reed and G.C. Misener

Summary

Tuber yield data of the potato cultivar Russet Burbank were monitored at four farms in New Brunswick in 1985. Temperature data were also collected at two weather stations. The temperature data were converted to a physiological time-scale called p-time. The timing of the major events of growth of the potato crop, i.e., emergence, tuber growth, maximum bulking and cessation of bulking was measured based on the p-time scale. Preliminary results obtained from yield data of the four farms indicated that, with suitable estimates of the p-time parameters related to the growth events described above, the growth of yield can be described by a potato model developed in Australia. This illustrated a feasibility that the Australian model may be able to be used as a predicting tool for the development of potato yield in New Brunswick. More experimental works, however, are required for the verification of the validity of the model before its implementation as a forecasting device.

Introduction

The present project is intended to verify the validity of a potato growth model "TUBERS", and test its usefulness as a crop reporting and forecasting scheme in New Brunswick. The model was developed in Australia by Sands and his colleagues (Sands, et al., 1979; Hackett et al., 1979 a&b; Regel and Sands, 1983; Sands and Regel, 1983). Dr. Peter Sands was working with CSIRO. He was invited to visit the Fredericton Research Station of Agriculture Canada for a month during 1984. His potato production model "TUBERS" was implemented into the computer system of the Research Station during his stay at Fredericton. In order to use the model as a management and prediction tool for the commercial crop in New Brunswick, it was necessary to collect actual field data from both research experiments and commercial operation as well as meteorological and soil data. These data would provide a realistic testing of the fitness of the model for predicting potato yield under various environmental and management conditions in New Brunswick. Field crop data and meteorological and soil data were collected in New Brunswick in 1985 in a project funded by the Canada-New Brunswick Agri-Food Development Agreement. The present report represents a preliminary evaluation of the results.

Basic Concepts

The main feature of Sand's model is to relate major crop events to a special physiological time scale - called "p-time". It is assumed that the rate of growth (and development) of the potato and ambient temperature follow a relationship as shown in Fig. 1.

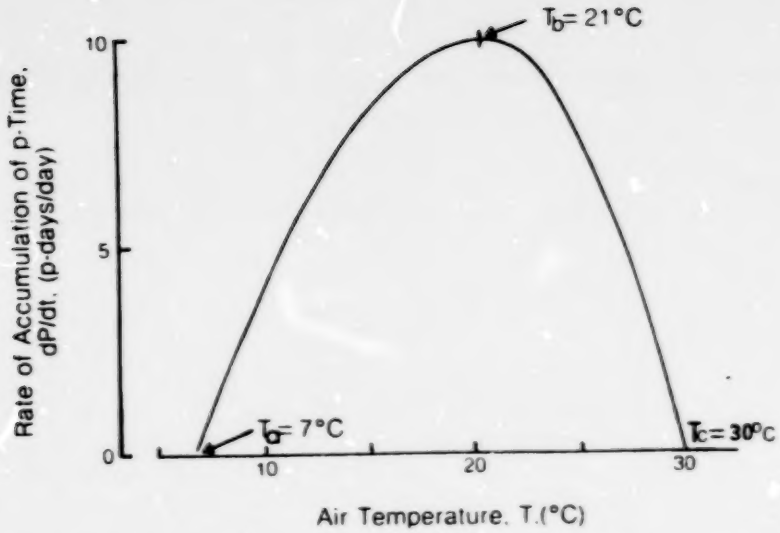

Fig. 1 The rate of accumulation of p-time as a function of temperature.

Fig. 1 illustrates that the rate of development would stop at a minimum temperature Ta and maximum temperature Tc. Between Ta and Tc the rate of growth reaches to the highest point at Tb. Ta, Tb and Tc are referred to as cardinal temperatures and assigned the values of 7, 21 and 30 C, respectively. Using Ta, Tb and Tc, the increment of P-time (P) at temperature T is calculated by the following formula:

$$\begin{aligned} \dot{P}(T) &= 0 && T < Ta \\ &= 10*[1-(T-Tb)/(Tb-Ta)] && Ta <= T < Tb \\ &= 10*[1-(T-Tb)/(Tc-Tb)] && Tb <= T < Tc \\ &= 0 && Tc <= T \end{aligned}$$

The P-time has units P-days when hourly temperature records are used. The daily increment of P-time based on daily maximum (Tx) and minimum (Tn) temperatures is calculated as follows:

$$\Delta P = (1/24)[5\dot{P}(Tn) + 8\dot{P}(2Tn/3+Tx/3) + 8\dot{P}(Tn/2+2Tx/3) + 3\dot{P}(Tx)]$$

A simplified method to measure weekly contribution P was developed as follows:

$$\Delta P = (7/24)*[5\dot{P}(Tn) + 8\dot{P}(2Tn/3+Tx/3) + 8\dot{P}(Tn/2+2Tx/3) + 3\dot{P}(Tx)]$$

where Tn and Tx are weekly mean minimum and maximum temperatures.

The main crop events which are considered in connection with P-time are: planting (PL), emergence (EM), tuber initiation (TI), start of tuber growth (TG), attainment of maximum bulking rate (MB), cessation of bulking (CB), and attainment of tuber maturity at skin hardening (TM). The origin of the P-time scale is EM instead of PL as the period from PL-EM depends greatly on management practice. The P-time for TG, MB and CB (Ptg, Pmb, Pcb) and the

maximum bulking rate are treated as growth parameters. They are used to determine the growth rate of yield (dY/dP) as a function of P. The relation between dY/dP and P is as follows:

$$\frac{dY}{dP} = \begin{cases} 0 & P \le Ptg \\ B(2-p)p & Ptg \le P \le Pmb \\ B(1-p^2) & Pmb \le P \le Pcb \\ 0 & Pcb \le P \end{cases}$$

where $p = (P-Ptg)/(Pmb-Ptg)$ for $Ptg \le P \le Pmb$, and $p = (P-Pmb)/(Pcb-Pmb)$ for $Pmb \le P \le Pcb$.

Yield (Y), as a function of P, is calculated by integrating the above expression, i.e.

$$Y(p) = \begin{cases} 0 & P \le Ptg \\ B(Pmb-Ptg)(1-p/3)p^2 & Ptg \le P \le Pmb \\ (2B/3)(Pmb-Ptg)+B(Pcb-Pmb)(1-p^2/3)p & Pmb \le P \le Pcb \\ (2B/3)(Pcb-Ptg) & Pcb \le P \end{cases}$$

It is critical to obtain proper estimates of the growth parameters (i.e., B, Ptg, Pmb, Pcb) for the model to accurately predict the growth of yield. Studies of Sands and his colleagues (loc. cit.) indicate Pmb and Pcb appear to be cultivar-specific and fairly constant, i.e., being independent of the timing of TI and Tg. Pmb and Pcb can be estimated by using existing experimental data of growth analysis and surveying the commercial fields. Ptg is a function of daylength (h), isolation (R) and temperature (T):

$$Ptg = Po * \exp(R/ar + T/at + H/ah)$$

in which $H = 0$ when $h \le ho$, $H = (h-ho)$ when $ho \le h \le h1$, $H = (h1-ho)$ when $h \ge h1$

where Po, ar, at and ah are constants, R ($MJ/m^2/day$), T (C) and h (hrs) are isolation, mean weekly temperature and daylength, all average over the first three weeks following EM, and ho and h1 are critical daylength delineating the transition from short-day to long-day behavior.

The parameter B ($kg/m^2/p\text{-}day$) is a function of plant population density (D), insolation (R) and soil water deficit (w):

$$B = m\ Bo\ [D/(Do+D)]\ \exp(R/br + w/bw)$$

where m, Bo, Do, br and bw are constants, m is a management index, Do (plant-unit/m^2) characterizes strength of density interaction, and w (mm) is measured during the period EM-CB.

The above discussion indicates that Pmb and Pcb should be empirically determined for specific cultivars whereas Ptg and B are estimated from meteorological and soil moisture data, and knowledge of efficiency of

management of a crop. The various constants in the expressions of Ptg and B are assigned with several sets of values in the papers of Sands and his colleagues based on various considerations.

Experimental Work

The above discussion indicates that two major sources of data are required for testing the feasibility of the growth model of yield, i.e., yield development data and environmental data. The latter includes meteorological and soil moisture data. Our work initiated in 1985 was aimed to identify and collect useful sources of both types of data. The data were then used in statistical analyses and in the software system "TUBERS" to study the fitness of the growth model.

Collection and Summarization of Yield Data

Tuber development of Russet Burbank was monitored at four commercial fields in New Brunswick during the 1985 season. The locations monitored were Mr. Jean-Marc Godbout in Grand Falls, Mr. Justice Wright in Aroostook, Mr. Robert Green in Centreville, and Mr. Wayne Albright in Upper Woodstock. Russet Burbank, Kennebec and Shepody were also monitored in an experimental field at the Research Station. This trial was planted later than normal. Data collected from these cultivars are thus not involved in the modelling. Data of Russet Burbank, however, are given in Table 1.

Field samples were conducted by using a 10 foot measure randomly placed at three non-adjacent locations in each field. An attempt was made to take into account the soil variation of each field by sampling near the top, middle and bottom of the field. Tubers of each sample were weighed and counted. They were then dried in an oven and the dry weight of the sample was determined. Table 1 shows a summary of the yield data (fresh and dry weights) collected during the 1985 season based on Julian day. Figure 2 shows the summarized yield data plotted against Julian day.

On September 26 (269), the samples collected were graded based on the following classes. Class 1 consisted of tubers which were less than 2", class 2 was tubers between 2" and 3.25", class 3 was oversized tubers and class 4 was cull (tubers with knobs and imperfections). Table 2 shows the results of the grading of the upriver sites. Figure 3 shows a bar diagram of the graded yield results. The samples from September 17 and October 3 were also graded; however, the results are not presented here.

Table 3 and Figure 4 show the average tuber number per sample of the upriver sites. Jean-Marc consistently had the highest number of tubers while Justice Wright had the smallest number of tubers. Table 4 and Figure 5 show the average tuber weight contained at these sites. As can be seen, tuber number and tuber weight appear to show inverse relationship in the sites examined.

TABLE 1. Summary of yield data of Russet Burbank (kg/m^2).

Location	Day	Fresh wt.	Dry wt.
Jean-Marc Godbout	197	0.014	0.001
	204	0.221	0.032
	212	0.747	0.106
	219	1.416	0.234
	225	2.028	0.385
	233	2.582	0.495
	252	4.202	0.940
	260	4.283	1.000
	269	4.203	0.920
	276	4.521	0.982
Justice Wright	185	0.062	0.010
	197	0.292	0.046
	204	0.599	0.095
	212	1.252	0.196
	219	1.857	0.339
	225	2.163	0.423
	233	2.745	0.539
	252	4.049	0.841
	260	3.449	0.730
	269	3.110	0.593
Wayne Albright	197	0.127	0.019
	204	0.308	0.044
	212	0.999	0.154
	219	1.509	0.254
	225	2.107	0.409
	233	2.538	0.531
	252	3.985	0.822
	260	4.680	1.102
	269	4.130	0.811
Robert Green	197	0.073	0.011
	204	0.317	0.048
	212	0.920	0.153
	219	1.335	0.223
	225	2.357	0.498
	233	2.531	0.532
	252	3.918	0.850
	260	4.585	1.063
	269	4.091	0.835
CDA	205	0.095	0.005
	214	0.131	0.020
	221	0.665	0.107
	227	0.553	0.106
	238	1.447	0.259
	248	1.903	0.365
	255	2.930	0.606
	289	4.817	1.065

TABLE 2. Graded yields (gm/sample) of Russet Burbank on September 26, 1985.

Location	#	Wt. (gm) 0-2"	#	Wt. (gm) 2-3.25"	#	Wt. (gm) Over 3.25"	#	Wt. (gm) Cull	#	Wt. (gm) total
Godbout										
1	95	3539.2	48	6949.2			2	247.3	145	10735.7
2	60	3064.0	54	8822.9			-	-	114	11886.9
3	70	2919.9	55	9363.9			1	252.3	126	12536.1
	225	9523.1	157	25136.0			3	499.6	385	35158.7
% Total		0.271		0.715				0.014	Avg	11719.6
Mean Wt.		42.3		160.1				166.5		91.3
Wright										
1	14	669.5	34	6658.7			1	209.1	49	7537.3
2	25	863.2	38	7737.9			3	1420.8	66	10021.9
3	20	1367.3	30	6728.1			1	356.5	51	8451.9
	59	2900.0	102	21124.7			5	1986.4	166	26011.1
% Total		0.111		0.812				0.076	Avg	8670.4
Mean Wt.		49.2		207.1				397.3		156.7
Green										
1	34	1645.1	54	9996.0			4	1177.3	92	12818.4
2	39	1675.8	42	7087.3			6	1625.5	87	10388.6
3	70	3510.9	45	7433.7			1	71.9	116	11016.5
	143	6831.8	141	24517.0			11	2874.7	295	34223.5
% Total		0.200		0.716				0.084	Avg	11407.8
Mean Wt.		47.8		173.9				261.3		116.0
Albright										
1	24	1387.7	43	10698.7	1	577.4	2	358.7	70	13022.5
2	36	1838.6	47	9528.2			3	840.7	86	12207.5
3	40	1545.7	34	7149.9			3	620.9	77	9316.5
	100	4772.0	124	27376.8	1	577.4	8	1820.3	233	34546.5
% Total		0.138		0.792		0.017		0.053	Avg	11515.5
Mean Wt.		47.7		220.8		577.4		227.5		148.3

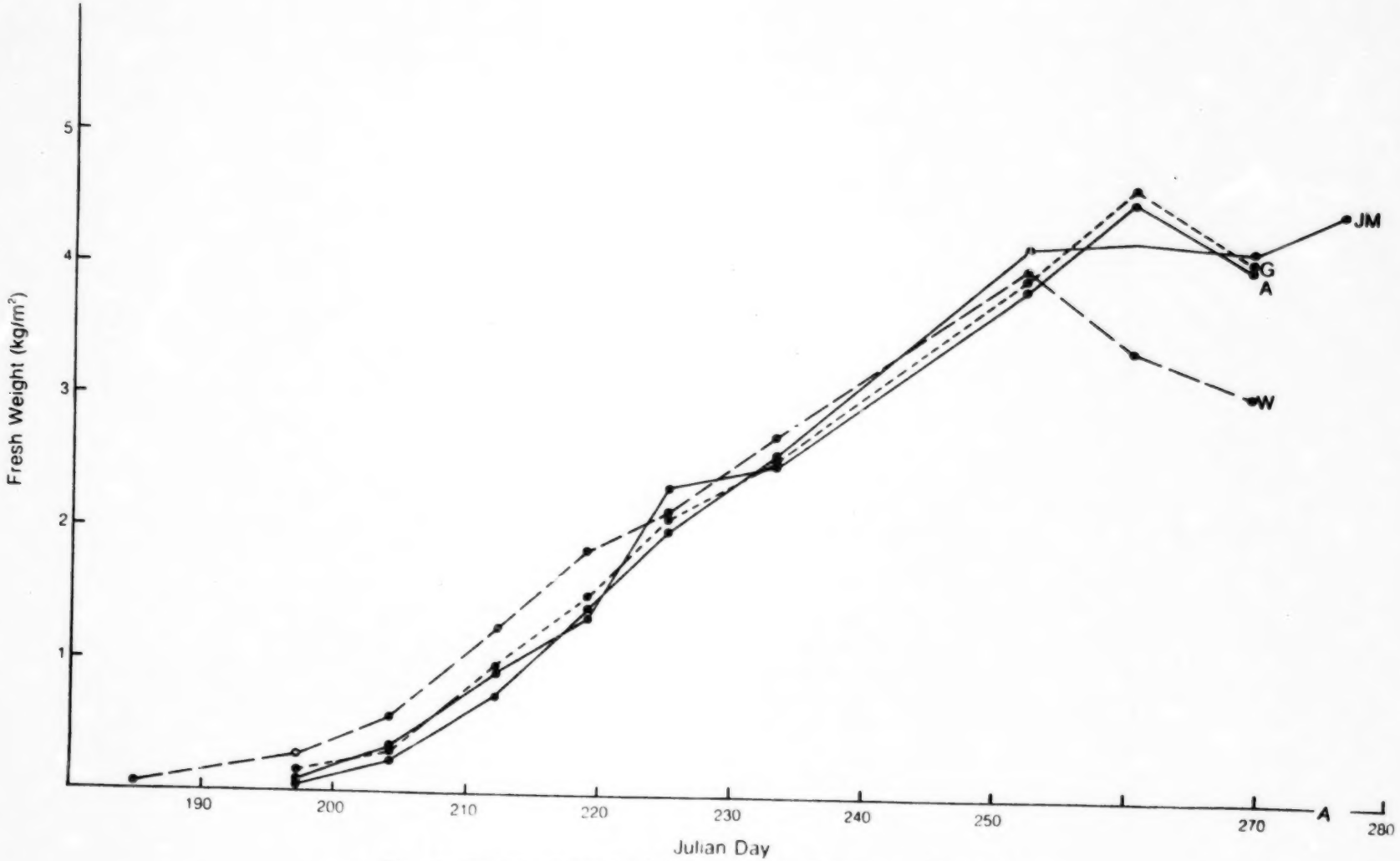

Fig. 2 Growth of total yields of Russet Burbank at four sites.

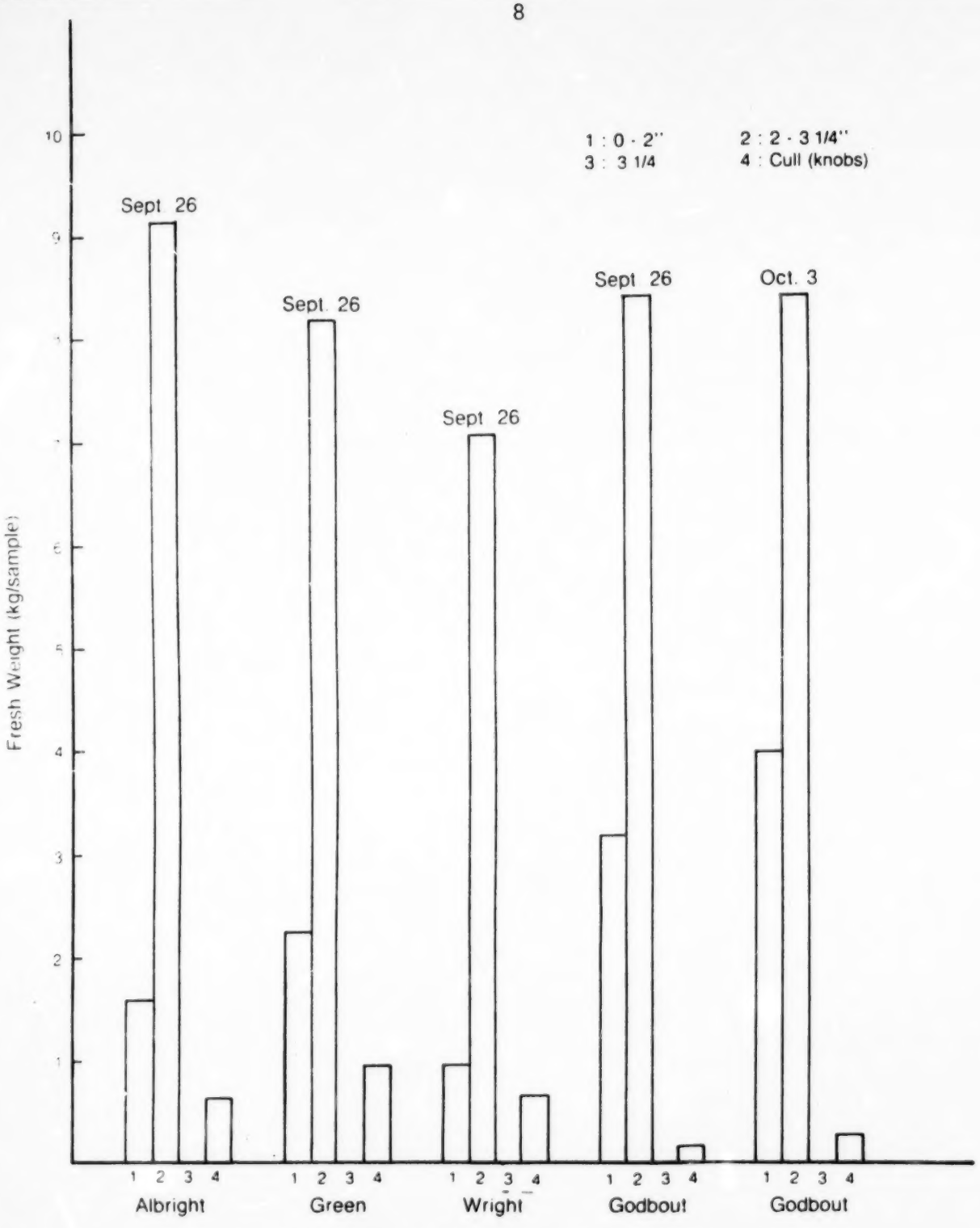

Fig. 3 Graded yields of Russet Burbank at four sites.

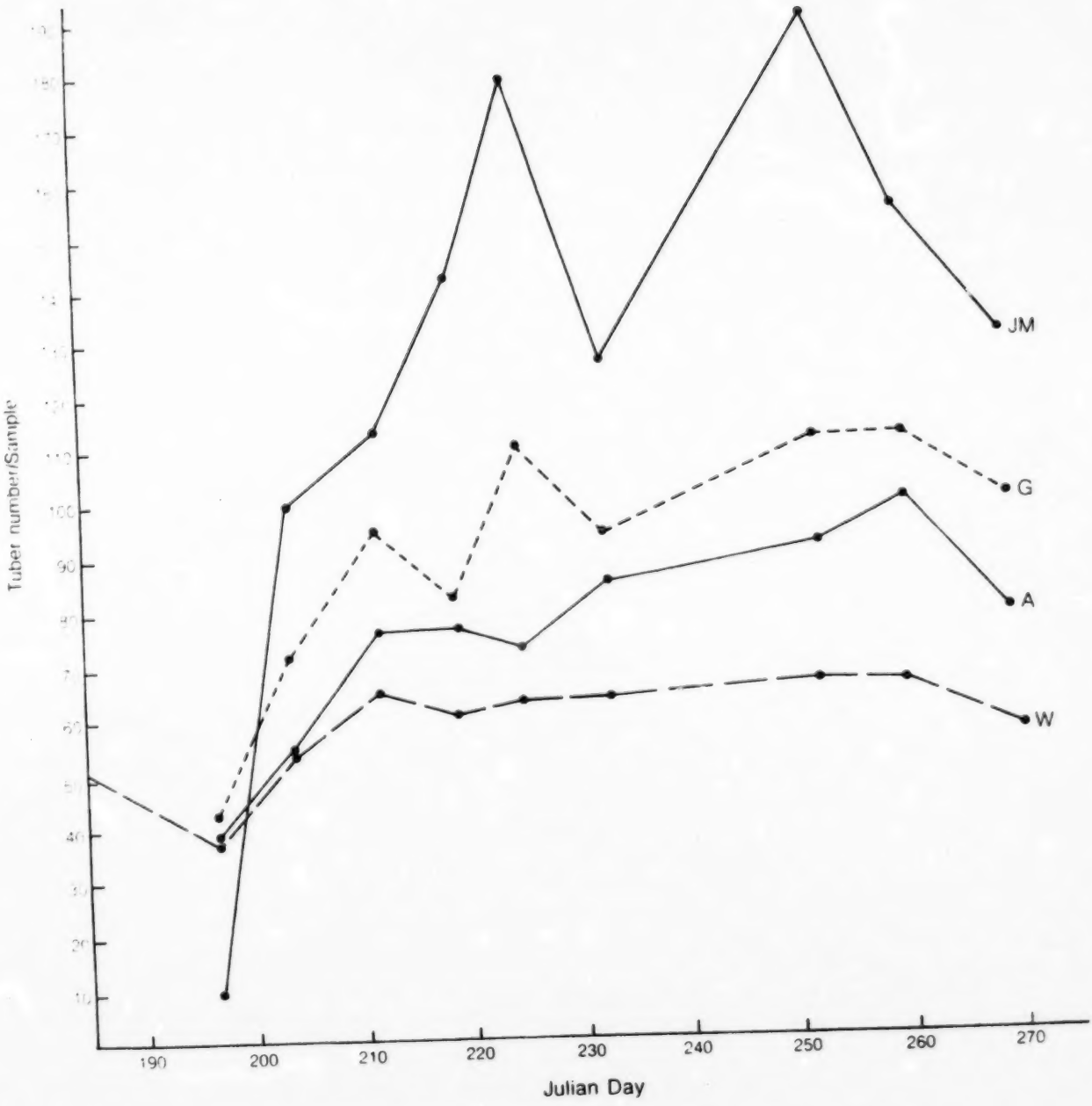

Fig. 4 Growth of tuber number of Russet Burbank at four sites.

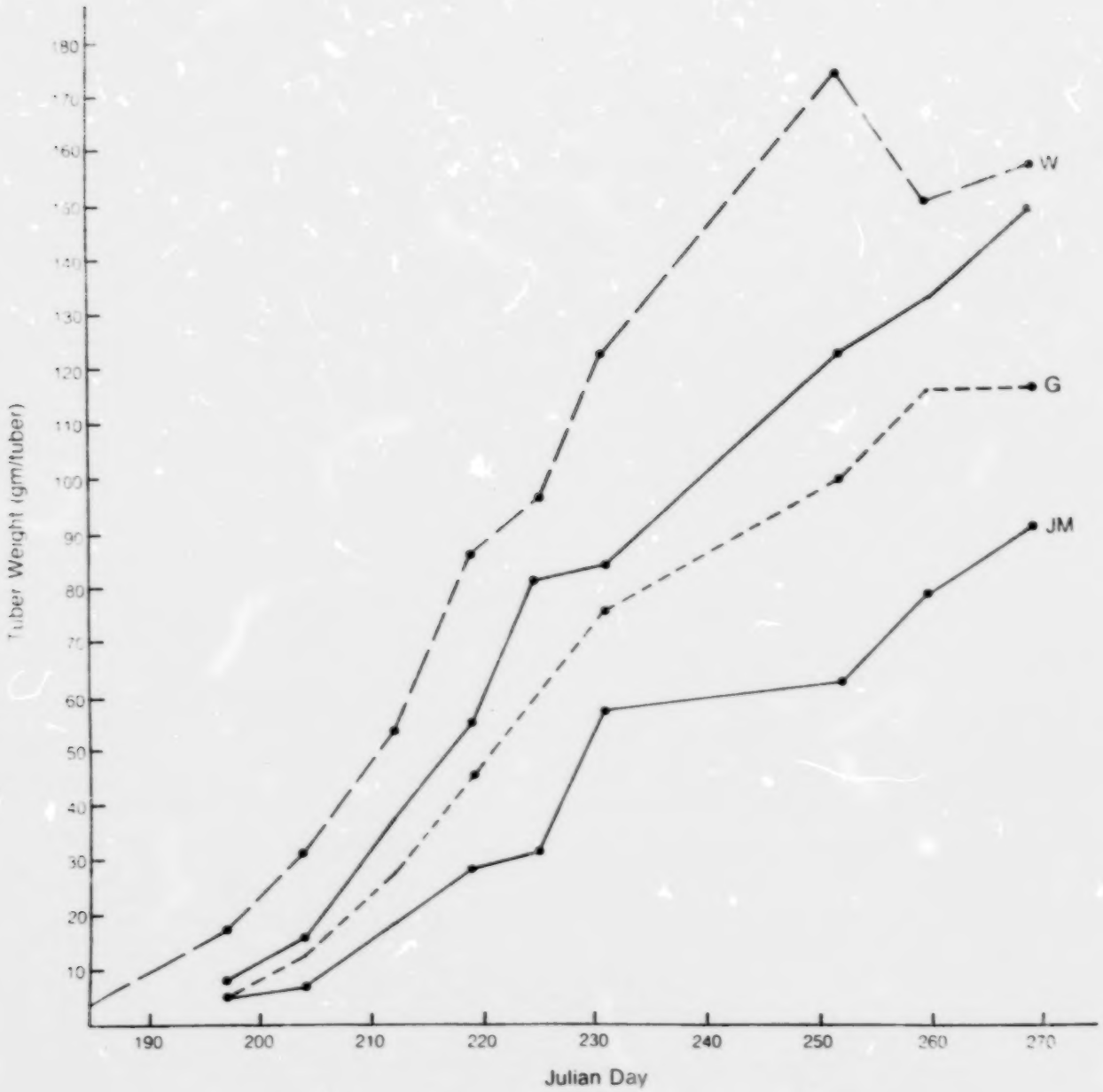

Fig. 5 Growth of average tuber weight of Russet Burbank.

TABLE 3. Average tuber number (#/sample) at four sites.

Date	Godbout	Wright	Green	Albright
July 4		50.33		
July 16	9.67	45.67	42.67	48.00
July 23	99.33	53.67	71.67	54.33
July 31	112.67	64.67	93.00	75.00
August 7	140.33	60.00	82.67	75.67
August 13	177.33	62.33	109.33	72.00
August 21	125.67	62.67	93.00	84.00
September 9	187.67	65.00	110.00	90.67
September 17	152.00	64.33	110.67	98.33
September 26	128.33	55.33	98.33	77.67
October 3	141.00			

TABLE 4. Average tuber weight (gm/tuber) at four sites.

Date	Godbout	Wright	Green	Albright
July 4		3.44		
July 16	4.04	17.47	4.76	7.39
July 23	6.21	31.10	12.34	15.79
July 31	18.48	53.98	27.58	37.13
August 7	28.14	86.32	45.03	55.61
August 13	31.88	96.76	60.11	81.59
August 21	57.28	122.14	75.89	84.24
September 9	62.44	173.68	99.31	122.55
September 17	78.57	149.50	115.52	132.70
September 26	91.32	156.70	116.02	148.26
October 3	89.41			

P-Time and Estimation of Growth Parameters

Temperature data collected in 1985 from the Fredericton Research Station and St. Leonard weather station were used to calculate P-time for each of the four commercial field data. The two sets of P-time will be referred to as CDA and St. Leonard P-time. The starting time of the P-time is the date of emergence. The dates of emergence of the four commercial crops are as follows:

Godbout:	June 18, 1985
Wright:	June 6, 1985
Green:	June 8, 1985
Albright:	June 9, 1985

As discussed in the section "Basic Concepts", measures of four growth parameters are required for the modelling of growth of yield. They are Ptg, Pmb, Pcb and B. Pmb and Pcb are cultivar-specific whereas Ptg and B depend on cultivar (for Bo), various meteorological (daylength, insolation, temperature), soil (water deficit), and crop management (plant density, quality of management) information. These parameters (particularly the constants involved in their determination) should be determined by long-term meteorological, soil, and crop management and yield data. As we have only yield data of four commercial fields collected in 1985, the following approach was used for obtaining 'empirical' estimates of these parameters.

First of all, a third-degree polynomial regression equation was fitted for a set of yield (fresh or dry wt.) data on the P-time (CDA or St. Leonard). Let Y represent yield,

$$Y = a + b*P + c*P^2 + d*P^3$$

Ptg and Pcb can be estimated by calculating the values of P which makes the increases of yield at a minimum and maximum rate respectively, i.e., the situation of $dY/dP=0$. Pmb is estimated by the value of P such that $d^2(Y)/d(P^2)=0$. B is calculated by dY/dP when P=Pmb.

As Pmb and Pcb are assumed to be cultivar-specific, the four sets of estimates of Pmb and Pcb based on data of four commercial crops (fresh or dry wt.) and a specific set of P-time (CDA or St. Leonard) were averaged for representing the Pmb and Pcb of Russet Burbank. Ptg and Pcb, on the other hand, are assumed to be 'site'-specific. Their estimates from an individual field data were thus representing the parameters useful for modelling that specific crop.

Values of Ptg, Pmb, Pcb and B for modelling fresh and dry weights of tuber yields of the four commercial crops based on polynomial equations obtained for P-time data of CDA and St. Leonard are presented in Table 5.

All four sets of growth parameters in Table 5 reveal that the values of Ptg of Green and Albright's crop were higher than those of Godbout and Wright's crop. The maximum bulking rate (B) of Wright's was lower than those of the other three farms. The estimates of Pmb and Pcb based on CDA P-time were higher than the two based on St. Leonard P-time.

TABLE 5. Date of emergence and estimates of growth parameters used in yield simulation based on Agriculture Canada and St. Leonard weather data.

Farms	Emergence	Fresh yield				Dry yield			
		Ptg	Pmb	Pcb	B	Ptg	Pmb	Pcb	B
Ag. Canada									
Godbout	June 18	216	501	753	.0129	260	514	738	.0032
Wright	June 6	243	501	753	.0111	266	514	738	.0024
Green	June 8	269	501	753	.0124	318	514	738	.0032
Albright	June 9	269	501	753	.0123	315	514	738	.0031
St. Leonard									
Godbout	June 18	225	473	677	.0143	259	481	685	.0035
Wright	June 6	229	473	677	.0117	248	481	685	.0026
Green	June 8	268	473	677	.0137	303	481	685	.0034
Albright	June 9	265	473	677	.0138	303	481	685	.0034

Simulation of Yield

Accumulated P-times from the series of harvesting dates for each of the four commercial crops, together with the parametric values given in Table 5, were used to simulate the growth of yield (fresh and dry wt.) according to the results of both observed and calculated yields on different harvesting dates for the four commercial crops.

Both Ag. Canada and St. Leonard P-time data gave simulation results which were quite close to the observed yields as shown in Table 6. The last observed yield data of all farms but Godbout showed a down-turn for both fresh and dry weights of tubers. It is not known whether or not this was due to sampling effect or some physiological cause(s). This caused some deviations between observed and calculated yields.

Figure 6 and Figure 7 give the comparison of observed and simulated yields for the four commercial crops based on Ag. Canada P-times. The Godbout's crop displayed the best growth trend among the four farms. It had highest fresh and dry tuber yields. Wright's showed the poorest performance. It is noted that Godbout's had a combination of low Ptg and high B.

Good fitness was observed for the simulated results of all four farms as compared to their actual yield data. It should be pointed out here, however, the parameters Ptg and B were estimated from the crop data instead of from the environmental data (i.e., solar insolation, day length, soil water deficit, etc.) as required by the model. Also, Pmb and Pcb were also derived from the data of the four farms in 1985. Hence, while the simulation results indicate the feasibility of the growth model for describing the development of potato yield, a much larger scope of both crop and environmental data are required to verify the validity of the present results.

TABLE 6. Observed versus simulated fresn and dry weights of tubers.

Day (date)	Fresh yield (kg/m^2)			Dry yield (kg/m^2)		
	Obs.	Ag. Canada	St. Leonard	Obs.	Ag. Canada	St. Leonard
Godbout						
197 (16/7)	.01	0	0	.001	0	0
204 (23/7)	.22	.22	.17	.032	.010	.007
212 (31/7)	.75	.68	.64	.106	.090	.089
219 (7/8)	1.42	1.22	1.24	.234	.205	.220
225 (12/8)	2.03	1.81	1.81	.385	.343	.356
233 (20/8)	2.58	2.61	2.68	.495	.541	.570
252 (8/9)	4.20	4.18	4.03	.940	.931	.912
260 (15/9)	4.28	4.43	4.19	1.000	.989	.955
269 (24/9)	4.20	4.62	4.31	.920	1.016	.996
276 (1/10)	4.52	4.62	4.31	.982	1.020	.996
Wright						
185	.06	0	0	.010	0	0
197	.29	.16	.14	.046	.015	.018
204	.60	.55	.54	.095	.084	.090
212	1.25	1.12	1.11	.196	.198	.219
219	1.86	1.67	1.69	.339	.313	.336
225	2.16	2.21	2.19	.423	.431	.448
233	2.75	2.87	2.85	.539	.575	.597
252	4.05	3.75	3.36	.841	.755	.756
260	3.45	3.77	3.49	.730	.802	.757
269	3.11	3.77	3.49	.593	.802	.757
Green						
197	.07	.03	0	.011	0	0
204	.32	.34	.25	.048	.020	.016
212	.92	.91	.82	.153	.131	.125
219	1.33	1.50	1.47	.223	.272	.277
225	2.36	1.92	2.05	.498	.426	.422
233	2.53	2.86	2.85	.532	.622	.621
252	3.92	3.95	3.72	.850	.891	.858
260	4.59	4.00	3.74	1.063	.933	.866
269	4.09	4.00	3.74	.835	.933	.866
Albright						
197	.13	.18	0	.019	0	0
204	.31	.33	.22	.044	.016	.034
212	1.00	.83	.76	.154	.117	.168
219	1.51	1.41	1.40	.254	.249	.324
225	2.11	2.01	1.99	.409	.398	.485
233	2.54	2.76	2.74	.531	.589	.674
252	3.99	3.89	3.76	.822	.866	.840
260	4.68	3.97	3.79	1.102	.874	.890
269	4.13	3.97	3.79	.811	.874	.840

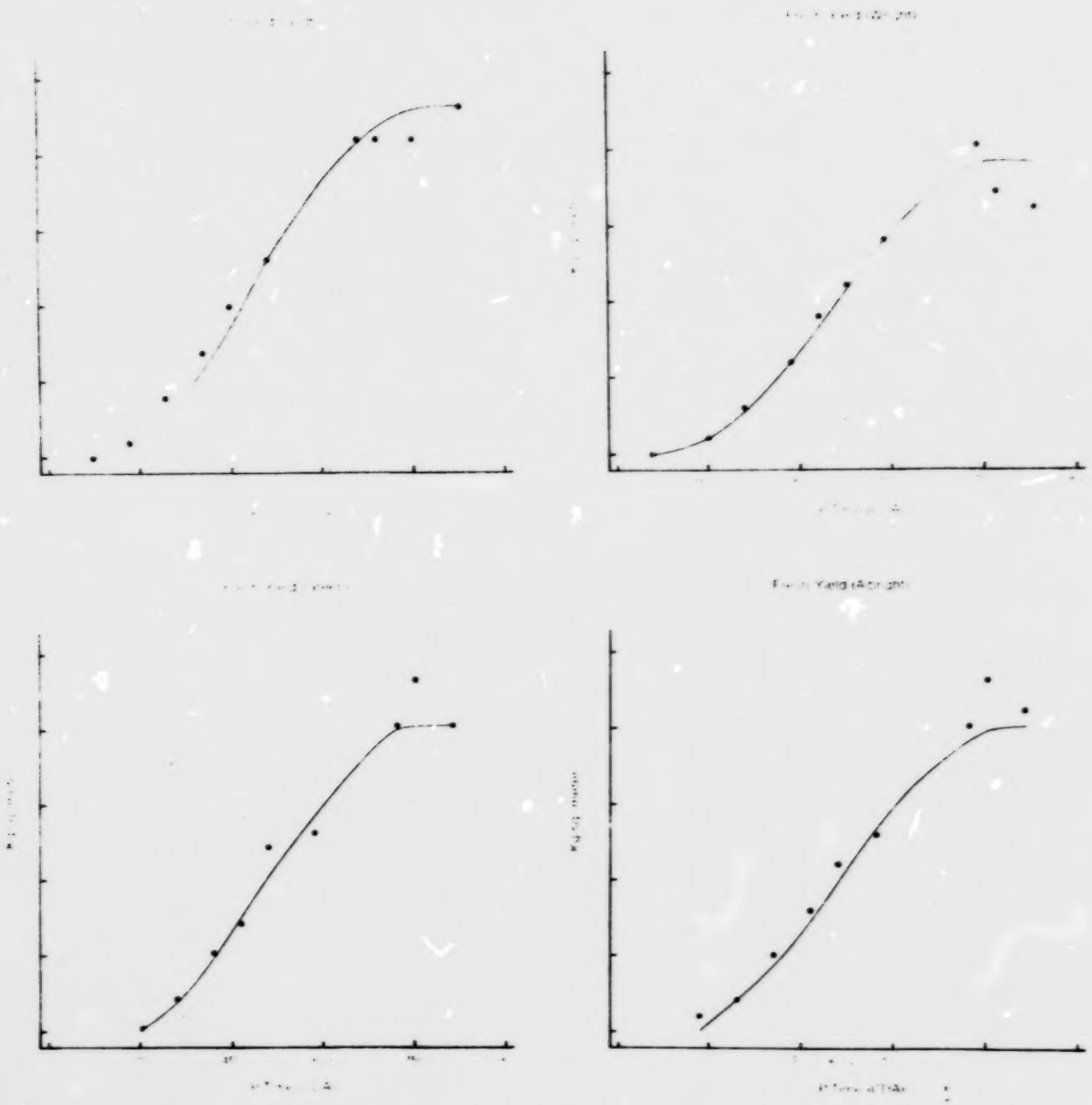

Fig. 6 Observed (marked with x) and simulated fresh weight of tubers.

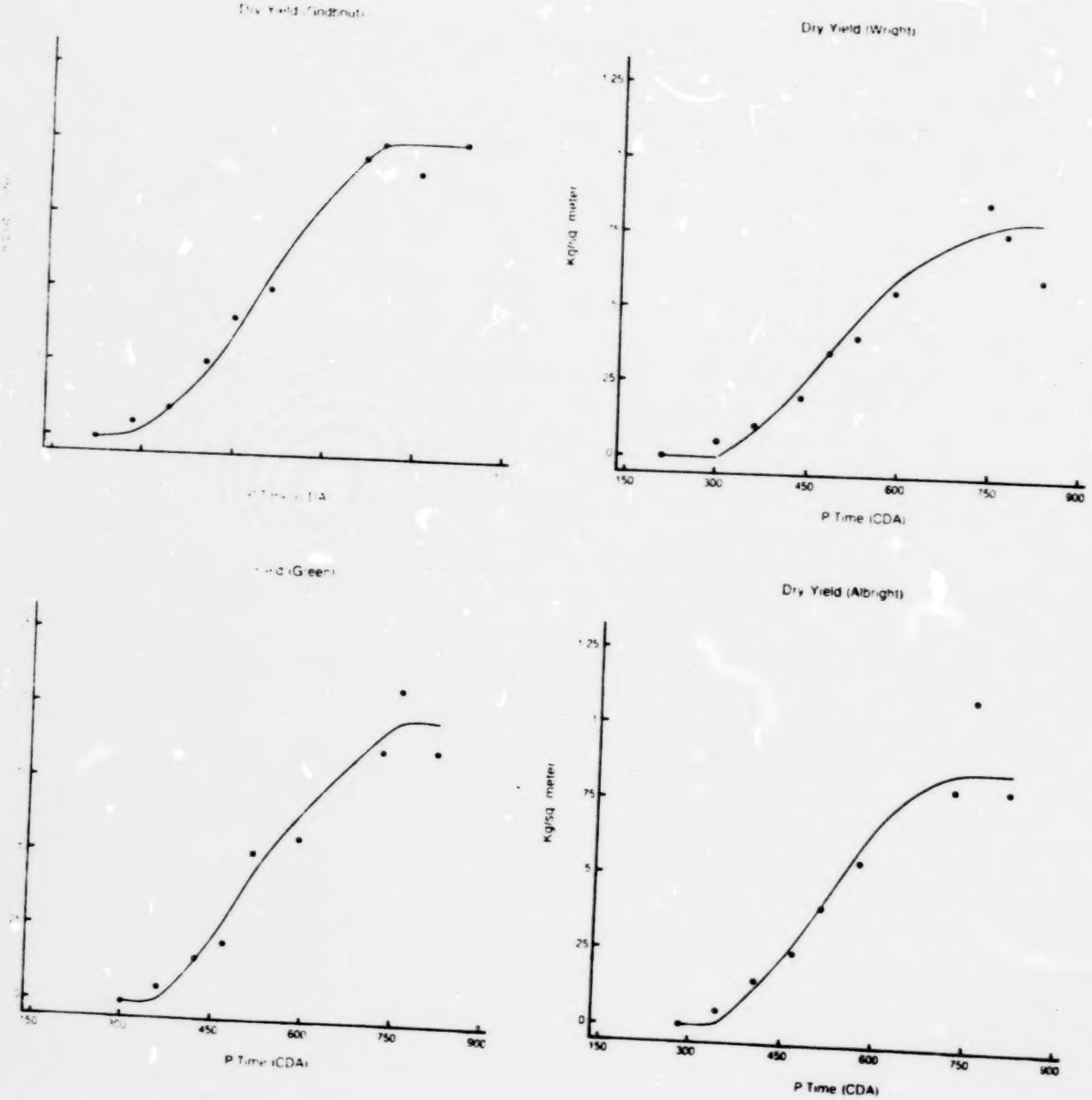

Fig. 7 Observed (marked with x) and simulated dry weight of tubers.

Soil Samples and Insolation

Data on soil water deficit and solar insolation are required for determining Ptg and B. The information with regard to crop management and plant density are also needed in the formulae for measuring these two parameters. In the present report, we estimated the two parameters empirically from the yield growth data. This area thus requires more work. Soil samples were actually taken from the farms for measuring water deficit. Insolation data were also recorded at Godbout's farm. These data are still under study for their usefulness in estimating Ptg and B. The collected information on soil samples and insolation are presented in Appendix.

References

Hackett, C., Sands, P.J. and Nix, H.A. 1979. A model of the development and bulking of potatoes (Solanum tuberosum L.). II. Prediction of district commercial yields. Field Crops Res., 2:333-347.

Hackett, C., Sands, P.J. and Nix, H.A. 1979b. A model of the development and bulking of potatoes (Solanum tuberosum L.). III. Some implications for potato production and research. Field Crops. Res., 2:349-364.

Regel, P.A. and Sands, P.J. 1983. A model of the development and bulking of potatoes (Solanum tuberosum L.). IV. Daylength, plant density and cultivar effects. Field Crops Res., 6:1-23.

Sands, P.J., Hackett, C. and Nix, H.A. 1979. A model of the development and bulking of potatoes (Solanum tuberosum L.). I. Derivation from well-managed field crops. Field Crops Res., 2:309-311.

Sands, P.J. and Regel, P.A. 1983. A model of the development and bulking of potatoes (Solanum tuberosum L.). V. A simple model for predicting graded yields. Field Crops Res., 6:25-40.

APPENDIX

Soil Samples

At each of the five locations a soil sample was taken during each visit in an attempt to describe the soil-water relationship. Table 1a shows the results soil moisture (% water by weight) for each day of sampling at the different sites.

Table 1a. Soil moisture (% water by weight) at each location during the season.

Date	Jean-Marc	Wright	Green	Albright	Ag. Canada
July 16	22.4	29.3	23.5	33.3	
July 23	15.4	26.6	18.9	31.3	
July 24					15.7
July 29					24.7 (b1)
					36.8 (a1)
July 31	22.8	22.4	19.3	31.7	
Aug. 2					28.3
Aug. 7	18.2	18.2	20.7	27.3	
Aug. 9					24.2
Aug. 13	18.0	18.1	14.3	28.0	
Aug. 15					17.3
Aug. 21	17.6	20.0	14.2	18.6	
Aug. 26					20.8
Sept. 5					23.5
Sept. 9	17.7	19.9	16.7	24.8	
Sept. 12					18.0
Sept. 17	16.8	18.0	19.1	24.7	
Sept. 26	23.3	21.2	18.6	31.6	
Oct. 3	23.4				

b1 - before irrigation.
a1 - after irrigation.

On September 26, a core sampler was borrowed from Soil Survey in order that "field capacity" or % water by volume at 100 cm water and the bulk density of each soil could be determined. The following equation is the basis for the determination of field capacity as required by TUBERS in depth of water (mm):

soil moisture (by volume) = (% water by weight) * (bulk density / density of water)

depth of water (mm) = % water by volume * depth of soil (mm)

At the same time soil samples were taken to determine soil texture. Table 2a shows the results of both field capacity and soil texture. Table 3a shows soil moisture (% water by volume) for each sampling visit. As can be seen in Table 3a, some variation is present in samples as the soil moisture (% water by volume) should not exceed the determined field capacity.

Table 2a. Results of field capacity and soil texture determination.

	Jean-Marc	Wright	Green	Albright	Ag. Canada
bulk density (g/cm^3)	1.02	1.23	1.25	1.23	1.06
field capacity (% water by volume) (at 100 cm water)	32.10	32.96	30.15	42.44	30.81
depth of water (nm)					
at 15 cm depth	48.2	49.4	45.2	63.7	46.2
at 20 cm depth	64.2	65.9	60.3	84.7	61.6
at 25 cm depth	80.3	82.4	75.4	106.1	77.0
soil texture	loam	loam	loam	silt-loam	sand-loam
% sand	48.9	50.5	42.6	28.8	55.1
% silt	32.4	33.3	35.0	48.8	30.0
% clay	18.7	16.2	22.4	22.4	14.9

Table 3a. Results of soil moisture (% water by volume) at each site.

Date	Jean-Marc	Wright	Green	Albright	Ag. Canada
July 16	22.85	36.04	29.38	40.96	
July 23	15.71	32.04	23.63	38.50	
July 24					16.64
July 29					26.18(b1)
					39.01(a1)
July 31	23.26	27.55	24.13	38.99	
Aug. 2					30.00
Aug. 7	18.56	22.39	25.88	33.58	
Aug. 9					25.65
Aug. 13	18.36	22.26	17.88	34.44	
Aug. 15					18.34
Aug. 21	17.95	24.60	17.75	22.87	
Aug. 26					22.05
Sept. 5					24.91
Sept. 9	18.05	24.48	20.88	30.50	
Sept. 12					19.08
Sept. 17	17.14	22.14	23.88	30.38	
Sept. 26	23.77	26.08	23.25	38.87	
Oct. 3	23.87				

b1 - before irrigation.
a1 - after irrigation.

Soil samples for two different times during the season were given to the Soil Analysis Section of the Plant Industry Branch, N.B. Department of Agriculture and Rural Development for soil analysis. Table 4a gives the results of this analysis for each of the different sites.

Table 4a. Soil analysis of sample sites.

Location and date	pH	Phosphate Kg/m^2	R	Potash Kg/m^2	R	Calcium Kg/m^2	R	Magnesium Kg/m^2	R
Jean-Marc									
July 23	5.0	513+	VH	448+	VH	934	L	231	H
Sept 17	5.1	513+	VH	147	M	1413	M	150	M
Wright									
July 23	5.0	513+	VH	288	H	1384	M	180	M
Sept 17	6.1	513+	VH	170	M	2175	H	230	H
Green									
July 23	4.6	513+	VH	136	M	982	L	187	M
Sept 17	5.1	513+	VH	158	M	1238	M	270	H
Albright									
July 23	5.3	513+	VH	448+	VH	1867	M	448+	VH
Sept 17	5.8	513+	VH	138	M	1651	M	442	VH
CDA									
July 24	5.0	513+	VH	165	M	745	L	151	M
Sept 12	5.8	513+	VH	121	M	813	L	207	H

R - rating (VH-very high, H-high, M-medium, L-low).

Data Logging of Insolation

A campbell Scientific data logger (CR21) was placed in Jean-Marc Godbout's field to collect daily insolation during the 1985 season. The data logger was placed in the field on July 16; however, due to complications data was not collected until July 31. The data logger was left in the field until September 9 when it was required for another project by George Reed. The program steps for the CR21 to monitor insolation are:

```
*41A2A0.0108A0A
*1A1440A52A1A0A
*5A197A14A8A
*0
```

The insolation data in MJ/m^2 collected is outlined below:

212	7.69	222	26.92	232	7.58	242	16.96
213	8.22	223	20.97	233	19.00	243	19.31
214	25.09	224	25.58	234	21.76	244	21.61
215	25.15	225	22.16	235	21.28	245	5.16
216	26.41	226	23.04	236	13.78	246	16.33
217	23.98	227	12.99	237	15.23	247	2.69
218	22.67	228	19.18	238	8.17	248	5.24
219	23.87	229	19.82	239	3.90	249	14.39
220	5.23	230	25.20	240	16.49	250	6.61
221	22.10	231	24.22	241	23.30	251	20.66

As only 40 days of data were collected and as these data were not monitored during the critical three weeks after emergence, the data were not included in the datafile TUBDAT.LIB.

It is recommended that a data logger be placed in the field earlier during the season to monitor this critical period. Also, as the CR21 data logger has the capability of logging several channels simultaneously, temperature data can easily be collected as well. This would give very reliable meteorological data for use in the model.

Canada

New Brunswick
Nouveau-Brunswick

1984-1989
AGRI-FOOD DEVELOPMENT AGREEMENT
ENTENTE SUR LE DEVELOPPEMENT DU SECTEUR AGRO-ALIMENTAIRE

FEEDBACK FROM READERS
TECHNOLOGY INITIATIVE
PROJECT REPORT
NEW BRUNSWICK

Because communication is a two-way process, we invite you to express your opinions, suggestions and questions about this publication.

Project Name _____

1. Did you find this publication useful?

2. Any comments or suggestions?

Please send reply to:

A.F.A. Public Information Committee
c/o Agriculture Canada
Regional Information Officer
633 Queen Street, Room 213
Fredericton, N.B.
E3B 1C3

_____
(Please print your name)

_____
(Address)

_____
(Occupation)

Canada

New Brunswick
Nouveau-Brunswick

1984-1989
AGRI-FOOD DEVELOPMENT AGREEMENT
ENTENTE SUR LE DEVELOPPEMENT DU SECTEUR AGRO-ALIMENTAIRE

Canada - New Brunswick Agri-Food Subsidiary Agreement
Technology Sub-program

This sub-program offers funds to the New Brunswick agri-food industry to enhance the productivity and efficiency of the sector. This will be achieved through the development, adaptation, transfer and accelerated adoption of technology for the production and marketing of existing and new agricultural products.

Note: Additional copies of this report are available from the:

A.F.A. Public Information Committee
c/o Agriculture Canada
Regional Information Officer
633 Queen Street, Room 213
Fredericton, N.B.
E3B 1C3

Telephone: (506) 452-3961

Agriculture
Canada

New Brunswick
AGRICULTURE
Nouveau-Brunswick

Agri-food Agreement

Entente Agro-alimentaire

1984-1989

Canada

New Brunswick
Nouveau-Brunswick

Canada

New Brunswick
Nouveau-Brunswick

1984-1989
AGRI-FOOD DEVELOPMENT AGREEMENT
ENTENTE SUR LE DEVELOPPEMENT DU SECTEUR AGRO-ALIMENTAIRE

APPLICATION D'UN MODÈLE DE CROISSANCE DESTINÉ À PRÉDIRE LE RENDEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT DES POMMES DE TERRE AU NOUVEAU-BRUNSWICK

(T118)

Rapport de projet - E.A.A.
1987-2

Préparé par: G.C.C. Tai, G. Reed et G.C. Misener
Fredericton (N.-B.)
(506) 452-3260 (Tai et Misener)
(506) 453-2108 (Reed)

Publié le 30 juin 1987

Rapport d'un projet subventionné par Agriculture Canada et le ministère de l'Agriculture du Nouveau-Brunswick en vertu de l'Entente Canada-Nouveau-Brunswick sur le développement du secteur agro-alimentaire (1984-1989)

Agriculture Canada

Ministère de l'Agriculture du N.-B.

APPLICATION D'UN MODÈLE DE CROISSANCE DESTINÉ À PRÉDIRE LE RENDEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT DES POMMES DE TERRE AU NOUVEAU-BRUNSWICK

G.C.C. Tai, G. Reed et G.C. Misener

Résumé

Le rendement en tubercules du cultivar Russet Burbank de pommes de terre a été contrôlé dans quatre fermes du Nouveau-Brunswick en 1985. Nous avons aussi recueilli des données sur la météo dans deux stations météorologiques. Ces données sur la météo ont été converties en une échelle de temps physiologique appelée temps-p. Nous avons mesuré sur l'échelle de temps-p la durée des différentes étapes de la croissance des pommes de terre, c'est-à-dire la levée, la tubérisation, le grossissement maximum et l'arrêt du grossissement. Les premiers résultats de rendement obtenus dans les quatre fermes ont indiqué que si l'on disposait d'estimations appropriées des paramètres de temps-p pour les étapes de la croissance décrites précédemment, il serait possible de prévoir l'augmentation du rendement à l'aide d'un modèle mis au point en Australie. Cependant, avant d'appliquer ce modèle comme outil de prévision, il faudra faire d'autres expériences destinées à vérifier sa validité.

Introduction

Le projet vise à déterminer la validité d'un modèle de croissance des pommes de terre, appelé "TUBERS", et à le mettre à l'essai comme outil d'indication et de prévision des récoltes au Nouveau-Brunswick. Le modèle en question a été mis au point en Australie par Sands et ses collègues (Sands, et al., 1979; Hackett et al., 1979 a&b; Regel and Sands, 1983; Sands and Regel, 1983). Monsieur Peter Sands travaillait au sein de la CSIRO, et a été invité à la station de recherches de Frédéricton d'Agriculture Canada pour un séjour d'un mois en 1984. Son modèle de production de pommes de terre, appelé "TUBERS", a été mis en oeuvre dans le système informatisé de la station de recherches pendant son séjour à Frédéricton. Pour pouvoir utiliser le modèle comme outil de gestion et de prévision des cultures commerciales au Nouveau-Brunswick, il fallait recueillir des données concrètes provenant des services de recherches et des exploitations commerciales, ainsi que des données sur la météo et les sols. Ces données devaient permettre une mise à l'essai réaliste du modèle pour la prévision des rendements de pommes de terre dans différentes conditions d'environnement et de gestion au Nouveau-Brunswick. Les données sur les récoltes, la météo et les sols ont été recueillies en 1985 au Nouveau-Brunswick dans le cadre d'un projet financé en vertu de l'Entente auxiliaire Canada-Nouveau-Brunswick sur le développement du secteur agro-alimentaire. Dans ce rapport, nous présentons une évaluation préliminaire des résultats obtenus.

Concepts de base

Le modèle de Sand se caractérise principalement par le fait qu'il relie les principales étapes de la culture à une échelle spéciale de temps physiologique,

appelée "temps-p". On suppose qu'il existe entre le rythme de croissance (et de développement) des pommes de terre et la température ambiante une relation semblable à celle indiquée à la figure 1.

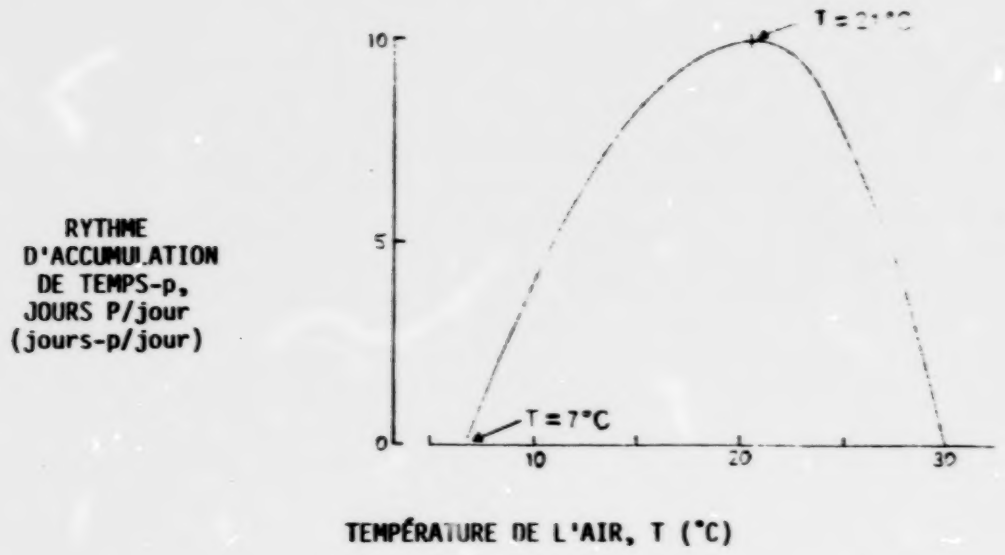

Figure 1 - Rythme d'accumulation du temps-p en fonction de la température.

La figure 1 indique que le développement des pommes de terre s'interrompt lorsque la température atteint un minimum (Ta) et un maximum (Tc). Entre Ta et Tc, le rythme de croissance atteint son maximum à Tb. Les valeurs Ta, Tb et Tc sont désignées comme températures de référence et correspondent respectivement aux valeurs 7, 21 et 30 °C. Pour obtenir l'augmentation de temps-p (P) à la température T à l'aide des valeurs Ta, Tb et Tc, on emploie la formule suivante :

$$
\begin{aligned}
P(T) &= 0 && T \quad Ta \\
&= 10*[1-(T-Tb)/(Tb-Ta)] && Ta \quad =T \quad Tb \\
&= 10*[1-(T-Tb)/(Tc-Tb)] && Tb \quad =T \quad Tc \\
&= 0 && Tc \quad =T
\end{aligned}
$$

Le temps-p est divisé en journées-p où les températures sont notées d'heure en heure. L'augmentation quotidienne du temps-p basée sur des températures journalières maximales (Tx) et minimales (Tn) se calcule comme suit :

$$P = (1/24)[5P(Tn) + 8P(2Tn/3+Tx/3) + 8P(Tn/2+2Tx/3) + 3P(Tx)]$$

On a aussi mis au point une méthode simplifiée pour mesurer l'augmentation hebdomadaire du temps-p :

$$P = (7/24)*[5P(Tn) + 8P(2Tn/3+Tx/3) + 8P(Tn/2+2Tx/3) + 3P(Tx)]$$

où Tn et Tx représentent la température minimale moyenne et la température maximale moyenne pour la semaine.

Les principales étapes de la culture dont on tient compte en rapport avec le temps-p sont les suivantes : plantation (PL), levée (EM), début de la tubérisation (TI), début de la croissance des tubercules (TG), atteinte du rythme maximum de grossissement (MB), arrêt du grossissement (CB) et atteinte de la maturité des tubercules avec durcissement de la peau (TM). L'échelle du temps-P s'amorce à l'étape (EM) et non à l'étape (PL) puisque la période PL-EM est fortement influencée par le mode de gestion en vigueur. Le temps-P pour les valeurs TG, MB et CB (Ptg, Pmb, Pcb) et le rythme maximum de grossissement des tubercules (B) sont considérés comme des paramètres de la croissance. On s'en sert pour déterminer le rythme d'augmentation du rendement (dY/dP) en fonction de P. Le rapport entre dY/dP et P est le suivant :

$$\begin{aligned} dY/dP &= 0 && P \quad Ptg \\ &= B(2-p)p && Ptg = p \quad Pmb \\ &= B(1-p^2) && Pmb = p \quad Pcb \\ &= 0 && Pcb = p \end{aligned}$$

où $P = (P-Ptg)/(Pmb-Ptg)$ $\quad P \quad Pmb$

$= (P-Pmb)/(Pcb-Pmb)$ $\quad P = Pmb$

Pour obtenir le rendement (Y), en fonction de P, il faut intégrer l'expression qui précède, c'est-à-dire :

$$\begin{aligned} Y(p) &= 0 && P \quad Ptg \\ &= B(Pmb-Ptg)(1-p/3)p^2 && Ptg = P \quad Pmb \\ &= (2B/3)(Pmb-Ptg)+B(Pcb-Pmb)(1-p^2)\ /3)p && Pmb = P \quad Pcb \\ &= (2B/3))(Pcb-Ptg) && Pcb \quad P \end{aligned}$$

Pour pouvoir prédire avec précision l'augmentation du rendement à l'aide du modèle, il est essentiel qu'on dispose d'estimations convenables pour les paramètres de croissance (c'est-à-dire B, Ptg, Pmb, Pcb). Les études de Sands et ses collègues (loc. cit.) indiquent que les valeurs Pmb et Pcb semblent être différentes pour chaque cultivar et s'avérer relativement constantes, c'est-à-dire qu'elles sont indépendantes du déroulement de TI et Tg. On peut estimer les valeurs Pmb et Pcb à l'aide des données expérimentales connues sur l'analyse de la croissance, et en examinant les résultats de la culture commerciale. La valeur Ptg, quant à elle, est fonction de la durée du jour (h), de l'ensoleillement (R) et de la température (T) :

$$Ptg = Po * \exp(R/ar + T/at + H/ah)$$

où $H = 0$ lorsque $h \quad ho$

$= (h-ho)$ $\quad ho \; h = h1$

$= (h1-ho)$ $\quad h \; h1$

dans cette formule, les valeurs Po, ar, at et ah sont constantes, les valeurs R (MJ/m^2 /jour), T (C) et h (heures) correspondent aux valeurs moyennes d'ensoleillement, de température quotidienne et de durée des journées, calculées au cours des trois premières semaines suivant la levée, et les valeurs ho et h1 sont les valeurs critiques de durée des journées qui délimitent la transition entre le comportement pendant les journées courtes et les journées longues.

Le paramètre B (kg/m^2 /jour-p) est fonction de la densité de la population des plants (D), de l'ensoleillement (R) et du déficit hydrique du sol (w) :

$$B = m\ Bo\ [D/(Do+D)]\ \exp(R/br + w/bw)$$

Dans cette formule, les valeurs m, Bo, Do, br et bw sont constantes, la valeur m représente l'indexation due aux méthodes de gestion, la valeur Do (nombre de plants/m^2) caractérise l'interaction due à la densité, et la valeur w (mm) est mesurée durant la période EM-CB.

D'après ce qui précède, on peut conclure que les valeurs Pmb et Pcb devraient être déterminées de façon empirique pour chaque cultivar, tandis que les valeurs Ptq et B font l'objet d'estimations tirées des données sur la météo et l'humidité du sol, et des connaissances sur l'efficacité du mode de gestion en vigueur. Dans leurs travaux, Sands et ses collègues, se fondant sur différentes considérations, attribuent plusieurs ensembles de valeurs aux différentes constantes qu'on trouve dans les expressions des valeurs de Ptq et B.

Travaux expérimentaux

À la lumière de l'exposé qui précède, on s'aperçoit que la mise à l'épreuve du modèle de Sands exige qu'on dispose de données provenant de deux sources principales, c'est-à-dire les données sur l'accroissement du rendement et sur le milieu. Les données sur le milieu regroupent les données météorologiques et les données sur l'humidité du sol. Notre travail, qui a débuté en 1985, visait à identifier des sources convenables de données des deux types, et à recueillir les renseignements voulus. Une fois recueillies, les données ont servi à des analyses statistiques et ont été intégrées au logiciel "TUBERS" afin de déterminer si le modèle de croissance pouvait être adapté.

Cueillette et résumé des données sur le rendement

Nous avons surveillé la croissance des tubercules du cultivar Russet Burbank dans quatre exploitations commerciales du Nouveau-Brunswick au cours de la saison 1985. Les champs contrôlés étaient situés sur les fermes de M. Jean-Marc Godbout à Grand Falls, de M. Justice Wright à Aroostook, de M. Robert Green à Centreville et M. Wayne Albright à Upper Woodstock. En outre, nous avons contrôlé un champ expérimental à la station de recherches, où nous avions semé des cultivars Russet Burbank, Kennebec et Shepody. Comme les deux derniers cultivars ont été plantés plus tard que la date normale, les données recueillies dans leur cas n'ont pas été intégrées au modèle. Les données relatives au cultivar Russet Burbank ont été utilisées pour le modèle, et sont indiquées au tableau 1.

Nous avons fait des échantillonnages à l'aide d'une mesure de dix pieds placée au hasard dans trois endroits non adjacents de chaque champ. Nous avons essayé de tenir compte des variations du sol dans chaque champ en prélevant des échantillons près du bord, du milieu et du fond du champ. Les tubercules de chaque échantillon ont été pesés et comptés, puis ont été séchés dans un four de façon à déterminer le poids sec de l'échantillon. Le tableau 1 donne un résumé des données recueillies sur le rendement (poids sec et frais) à différentes

TABLEAU 1. Résumé des données sur le rendement du cultivar Russet Burbank (kg/m^2)

Endroit	Jour	Poids frais	Poids sec
Jean-Marc Godbout	197	0.014	0.001
	204	0.221	0.032
	212	0.747	0.106
	219	1.416	0.234
	225	2.028	0.385
	233	2.582	0.495
	252	4.202	0.940
	260	4.283	1.000
	269	4.203	0.920
	276	4.521	0.982
Justice Wright	185	0.062	0.010
	197	0.292	0.046
	204	0.599	0.095
	212	1.252	0.196
	219	1.857	0.339
	225	2.163	0.423
	233	2.745	0.539
	252	4.049	0.841
	260	3.449	0.730
	269	3.110	0.593
Wayne Albright	197	0.127	0.019
	204	0.308	0.044
	212	0.999	0.154
	219	1.509	0.254
	225	2.107	0.409
	233	2.538	0.531
	252	3.985	0.822
	260	4.680	1.102
	269	4.130	0.811
Robert Green	197	0.073	0.011
	204	0.317	0.048
	212	0.920	0.153
	219	1.335	0.223
	225	2.357	0.498
	233	2.531	0.532
	252	3.918	0.850
	260	4.585	1.063
	269	4.091	0.835
MAC	205	0.095	0.005
	214	0.131	0.020
	221	0.665	0.107
	227	0.553	0.106
	238	1.447	0.259
	248	1.903	0.365
	255	2.930	0.606
	289	4.817	1.065

journées du calendrier julien au cours de la saison 1985. La figure 2 montre les données sur le rendement indiquées d'après les jours du calendrier julien.

Le 26 septembre (269), les échantillons recueillis ont été classés dans les catégories suivantes. La catégorie 1 regroupait les tubercules de moins de 2 pouces, la catégorie 2, ceux mesurant entre 2 et 3,25 pouces, la catégorie 3 les tubercules supérieurs à la taille normale et la catégorie 4 regroupait les rejets (tubercules affectés de protubérances et d'imperfections). Le tableau 2 montre les résultats du classement dans les endroits étudiés. La figure 3 montre un graphique en colonne montrant les résultats du classement. Les échantillons prélevés du 17 septembre au 3 octobre ont été classés eux aussi, mais les résultats ne figurent pas dans les tableaux.

Le tableau 3 et la figure 4 montrent le nombre moyen de tubercules recueillis par échantillon dans les endroits étudiés. De façon régulière, Jean-Marc Godbout a obtenu le nombre le plus élevé de tubercules tandis que Justice Wrignt obtenait le nombre le plus faible. Le tableau 4 et la figure 5 montrent le poids moyen de tubercules recueillis dans ces endroits. Comme on peut le voir, le nombre de tubercules et leur poids semblent varier de façon inversement proportionnelle dans les endroits examinés.

Temps-P et estimation des paramètres de croissance

Les données de météorologie recueillies en 1985 à la station de recherches de Fredericton et à la station météorologique de St. Léonard ont servi à calculer le temps-P pour les données de chacune des quatre exploitations commerciales. Les deux ensembles de valeurs de temps-P seront désignés temps-P MAC et temps-P St. Léonard. Le début des enregistrements du temps-P correspond à la date de levée. Voici des dates de levée des quatre exploitations commerciales :

Godbout :	18 juin 1985
Wright :	6 juin 1985
Green :	8 juin 1985
Albright :	9 juin 1985

Comme nous l'avons dit à la section "Concepts de base", la mise au point d'un modèle d'augmentation du rendement exige que l'on prenne la mesure de quatre paramètres de croissance, en l'occurrence les valeurs Ptg, Pmb, Pcb et B. Les valeurs Pmb et Pcb dépendent du cultivar employé, alors que les valeurs Ptg et B dépendent du cultivar (pour la valeur Bo), et de différentes données sur la météo (durée du jour, ensoleillement, température), sur le sol (déficit hydrique) et la gestion de l'exploitation (densité des plants, qualité de la gestion). Ces paramètres (et plus particulièrement les constantes employées dans leur calcul) devraient être déterminés par la cueillette à long terme de données sur la météo, le sol, la gestion de l'exploitation et le rendement. Comme nous n'avons recueilli des données sur le rendement que dans quatre exploitations commerciales au cours de 1985, nous avons procédé de la façon suivante pour obtenir des estimations "empiriques" de ces paramètres.

TABLEAU 2. Rendements classés (grammes/échantillon) de Russet Burbank le 26 septembre

Endroit		Poids (grammes) 0 à 2 pouces		Poids (grammes) de 2 à 3,25 pouces		Poids (grammes) Plus de 3,25 pouces		Poids (grammes) rejets		Poids (grammes) total	
Godbout											
	1	95	3539.2	48	6949.2			2	247.3	145	10735.7
	2	60	3064.0	54	8822.9			-	-	114	11886.9
	3	70	2919.9	55	9363.9			1	252.3	126	12536.1
		225	9523.1	157	25136.0			3	499.6	385	35158.7
									Moyenne		
Pourcentage total			0.271		0.715				0.014		11719.6
Poids moyen			42.3		160.1				166.5		91.3
Wright											
	1	14	669.5	34	6658.7			1	209.1	49	7537.3
	2	25	863.2	38	7737.9			3	1420.8	66	10021.9
	3	20	1367.3	30	6728.1			1	356.5	51	8451.9
		59	2900.0	102	21124.7			5	1986.4	166	26011.1
									Moyenne		
Pourcentage total			0.111		0.812				0.076		8670.4
Poids moyen			49.2		207.1				397.3		156.7
Green											
	1	34	1645.1	54	9996.0			4	1177.3	92	12818.4
	2	39	1675.8	42	7087.3			6	1625.5	87	10388.6
	3	70	3510.9	45	7433.7			1	71.9	116	11016.5
		143	6831.8	141	24517.0			11	2874.7	295	34223.5
									Moyenne		
Pourcentage total			0.200		0.716				0.084		11407.8
Poids moyen			47.8		173.9				261.3		116.0
Albright											
	1	24	1387.7	43	10698.7	1	577.4	2	358.7	70	13022.5
	2	36	1838.6	47	9528.2			3	840.7	86	12207.5
	3	40	1545.7	34	7149.9			3	620.9	77	9316.5
		100	4772.0	124	27376.8	1	577.4	8	1820.3	233	34546.5
									Moyenne		
Pourcentage total			0.138		0.792		0.017		0.053		11515.5
Poids moyen			47.7		220.8		577.4		227.5		148.3

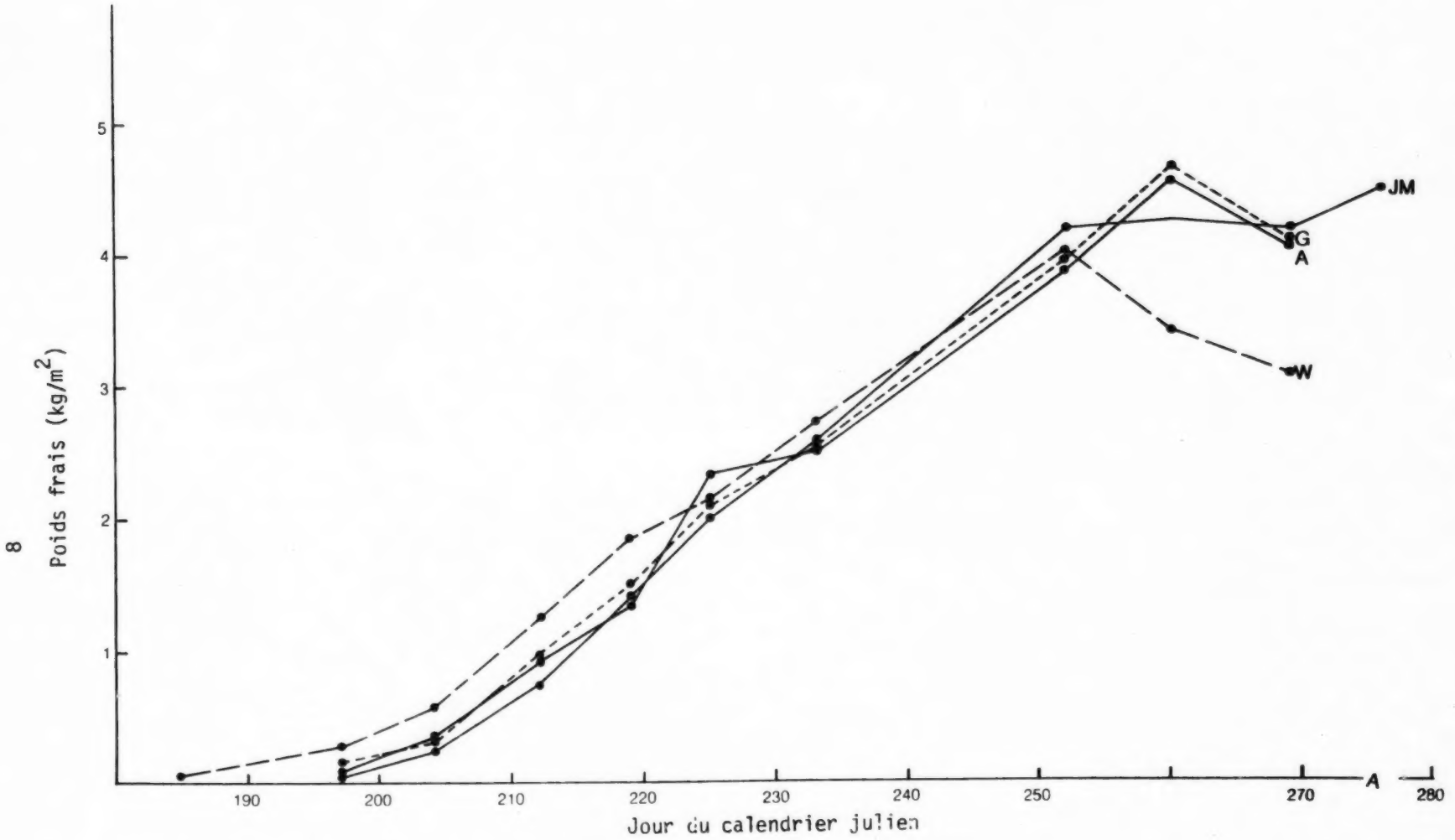

Figure 2 Rendements totaux de Russet Burbank à chacun des quatre endroits.

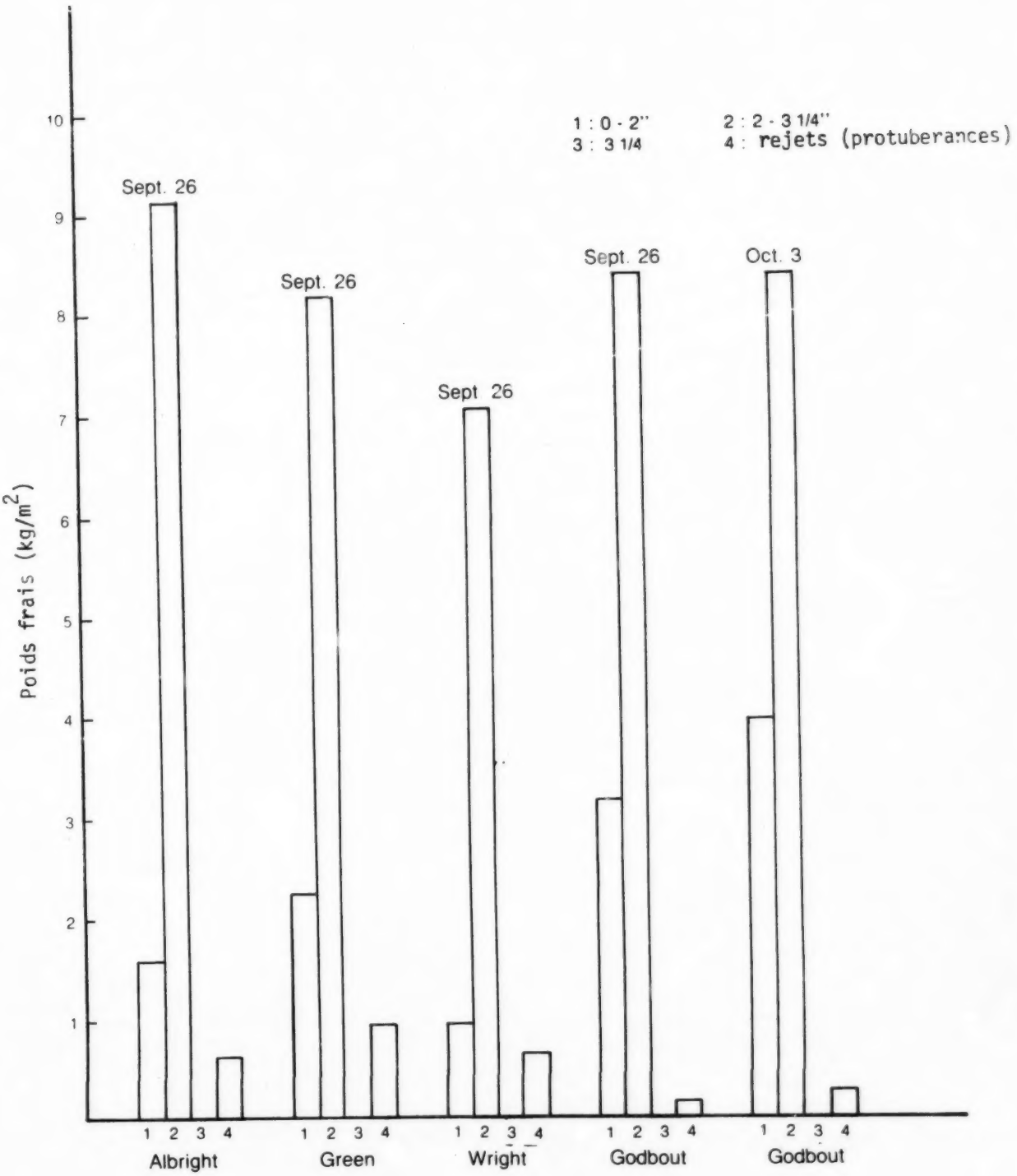

Figure 3 Moyenne des tubercules classes.

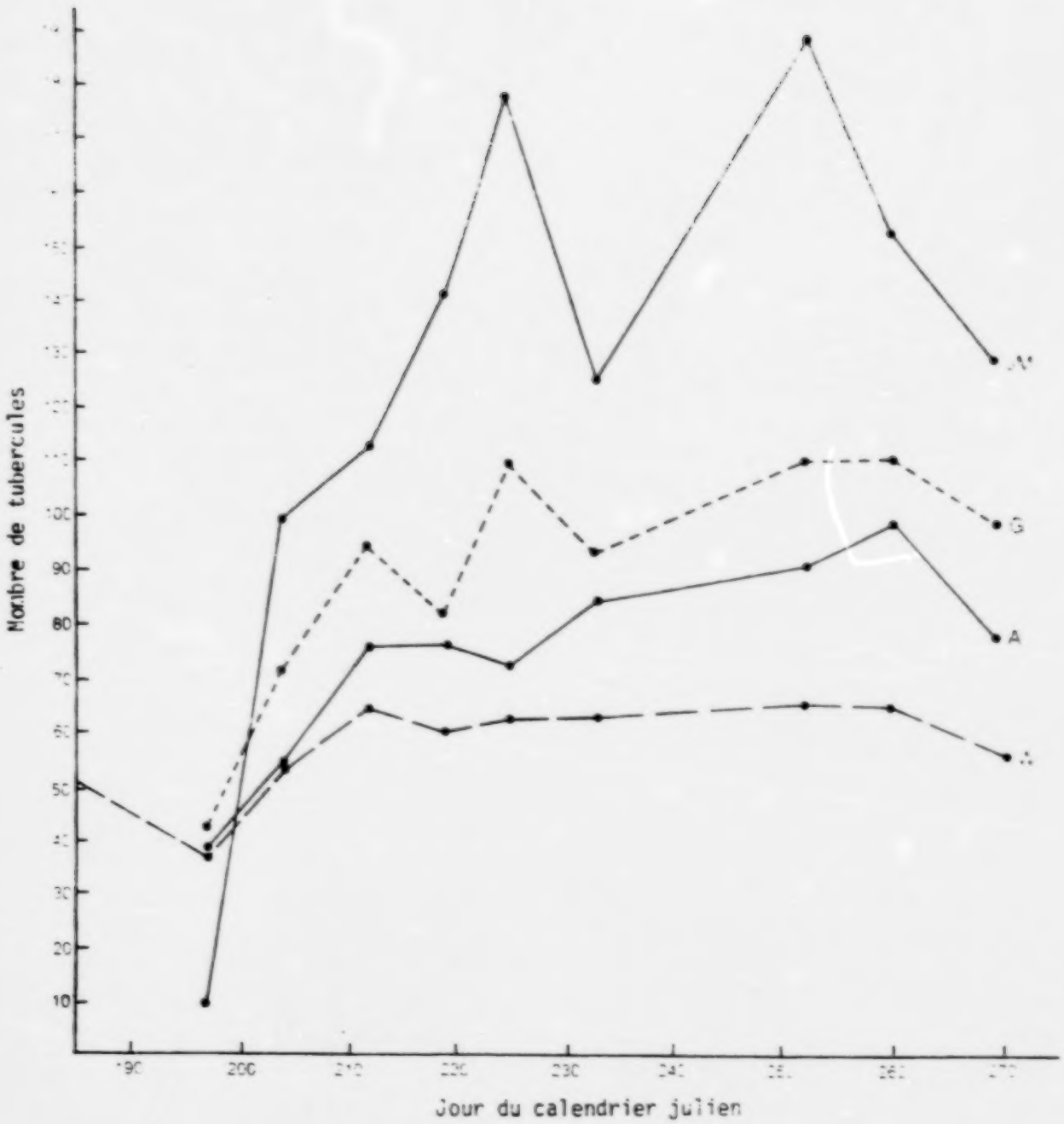

Figure 4 Nombre moyen de tubercules de Russet Burbank.

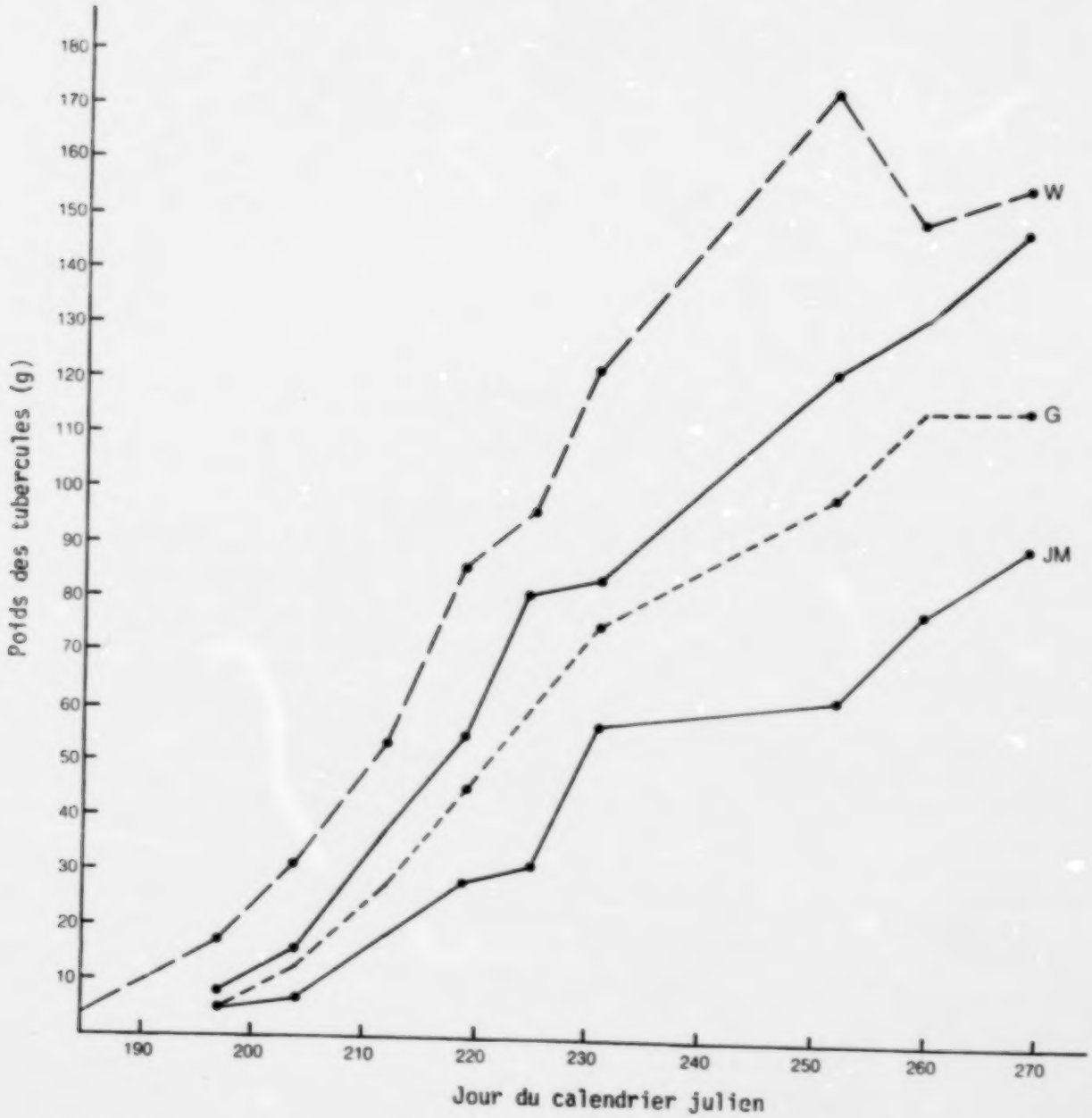

Figure 5 Poids moyen des tubercules de Russet Burbank.

TABLEAU 3. Nombre moyen de tubercules (nombre par échantillon) dans les quatre endroits étudiés.

Date	Godbout	Wright	Green	Albright
4 juillet		50.33		
16 juillet	9.67	46.67	42.67	48.00
23 juillet	99.33	53.67	71.67	54.33
31 juillet	112.67	64.67	93.00	75.00
7 août	140.33	60.00	82.67	75.67
13 août	177.33	62.33	109.33	72.00
21 août	125.67	62.67	93.00	84.00
9 septembre	187.67	65.00	110.00	90.67
17 septembre	152.00	64.33	110.67	98.33
26 septembre	128.33	55.33	98.33	77.67
3 octobre	141.00			

TABLEAU 4. Poids moyen des tubercules (grammes/tubercule) dans les quatre endroits étudiés.

Date	Godbout	Wright	Green	Albright
4 juillet		3.44		
16 juillet	4.04	17.47	4.76	7.39
23 juillet	6.21	31.10	12.34	15.79
31 juillet	18.48	53.98	27.58	37.13
7 août	28.14	86.32	45.03	55.61
13 août	31.88	96.76	60.11	81.59
21 août	57.28	122.14	75.89	84.24
9 septembre	62.44	173.68	99.31	122.55
17 septembre	78.57	149.50	115.52	132.70
26 septembre	91.32	156.70	116.02	148.26
3 octobre	89.41			

Tout d'abord, une équation polynomiale de régression du troisième degré a été mise au point pour établir un ensemble de données sur le rendement (poids frais ou sec) basé sur le temps-P (MAC ou St. Léonard). En supposant que Y représente le rendement,

$$Y = a + b*p + c*p^2 + d*p^3$$

les valeurs Ptg et Pcb peuvent être estimées au moyen d'un calcul des valeurs de P, de sorte que l'augmentation du rendement est établi à une valeur minimum et une valeur maximum, c'est-à-dire en partant de l'équation $dY/dP=0$. La valeur de Pmb est estimée d'après la valeur de P, d'après l'équation $d^2(Y)/d(p^2)=0$. La valeur de B est calculée d'après la valeur de dY/dP lorsque P=Pmb.

Comme on suppose que les valeurs Pmb et Pcb sont propres à chaque cultivar, nous avons fait la moyenne des quatre ensembles d'estimations des valeurs Pmb et Pcb établies à partir des données sur les quatre exploitations commerciales (poids sec ou poids frais) et d'un ensemble particulier de valeurs de temps-P (MAC ou St. Léonard) pour représenter les valeurs Pmb et Pcb du cultivar Russet Burbank. D'autre part, les valeurs Ptg et Pcb sont considérées comme étant propres à chaque "lieu de culture". Les estimations de ces valeurs tirées des données recueillies dans chaque exploitation représentaient donc les paramètres qui pourraient servir à l'établissement d'un modèle pour cette même exploitation.

Le tableau 5 donne les valeurs de Ptg, Pmb et B pour l'établissement d'un modèle des poids secs et frais des rendements en tubercules des quatre exploitations commerciales, à partir des équations polynomiales obtenues pour les données de temps-P du MAC et de St. Léonard.

Les quatre ensembles de paramètres de croissance qu'on trouve au tableau 5 indiquent que les valeurs de Ptg des exploitations de Green et Albright étaient plus élevées que dans celles de Godbout et de Wright. Le rythme de grossissement maximum (B) chez Wright était par ailleurs plus faible que dans les trois autres fermes. Les estimations des valeurs Pmb et Pcb établies à partir du temps-P du MAC étaient plus élevées que les deux autres calculées à partir du temps-P observé à St. Léonard.

Simulation du rendement

Nous avons utilisé les temps-P accumulés jusqu'aux différentes dates de récolte dans chacune des quatre exploitations commerciales, ainsi que les valeurs des paramètres indiqués au tableau 5 pour faire une simulation de l'augmentation du rendement (poids sec et poids frais) en tenant compte des résultats des rendements observés et calculés aux différentes dates de récolte dans les quatre fermes commerciales.

Les données de temps-P recueillies au MAC et à St. Léonard ont donné des résultats de simulation qui correspondaient étroitement avec les rendements observés, indiqués au tableau 6. Les dernières données de rendement observé ont indiqué une diminution des poids frais et secs de tubercules dans toutes les fermes sauf celle de Godbout. Nous ignorons encore si cette réduction était attribuable ou non à l'échantillonnage ou à une ou des causes physiologiques. Cette réduction a néanmoins entraîné certains écarts entre les rendements observés et les rendements calculés.

TABLEAU 5. Date de levée et estimations des paramètres de croissance utilisées dans la simulation du rendement basée sur les données météorologiques d'Agriculture Canada et de St. Léonard.

Fermes	Levée	Rendement en poids frais				Rendement en poids sec			
		Ptg	Pmb	Pcb	B	Ptg	Pmb	Pcb	B
MAC									
Godbout	18 juin	216	501	753	.0129	260	514	738	.0032
Wright	6 juin	243	501	753	.0111	266	514	738	.0024
Green	8 juin	269	501	753	.0124	318	514	738	.0032
Albright	9 juin	269	501	753	.0123	315	514	738	.0031
St. Léonard									
Godbout	18 juin	225	473	677	.0143	259	481	685	.0035
Wright	6 juin	229	473	677	.0117	248	481	685	.0026
Green	8 juin	268	473	677	.0137	303	481	685	.0034
Albright	9 juin	265	473	677	.0138	303	481	685	.0034

TABLEAU 6. Comparaison des poids secs et des poids frais observés et simulés.

Jour (date)	Rendement en poids frais (kg/m^2)			Rendement en poids sec (km/m^2)		
	Obs.	Ag. Canada	St. Léonard	Obs.	Ag. Canada	St. Léonard
Godbout						
197 (16/7)	.01	0	0	.001	0	0
204 (23/7)	.22	.22	.17	.032	.010	.007
212 (31/7)	.75	.68	.64	.106	.090	.089
219 (7/8)	1.42	1.22	1.24	.234	.205	.220
225 (12/8)	2.03	1.81	1.81	.385	.343	.356
233 (20/8)	2.58	2.61	2.68	.495	.541	.570
252 (8/9)	4.20	4.18	4.03	.940	.931	.912
260 (15/9)	4.28	4.43	4.19	1.000	.989	.955
269 (24/9)	4.20	4.62	4.31	.920	1.016	.996
276 (1/10)	4.52	4.62	4.31	.982	1.020	.996
Wright						
185	.06	0	0	.010	0	0
197	.29	.16	.14	.046	.015	.018
204	.60	.55	.54	.095	.084	.090
212	1.25	1.12	1.11	.196	.198	.219
219	1.86	1.67	1.69	.339	.313	.336
225	2.16	2.21	2.19	.423	.431	.448
233	2.75	2.87	2.85	.539	.575	.597
252	4.05	3.75	3.36	.841	.755	.756
260	3.45	3.77	3.49	.730	.802	.757
269	3.11	3.77	3.49	.593	.802	.757
Green						
197	.07	.03	0	.011	0	0
204	.32	.34	.25	.048	.020	.016
212	.92	.91	.82	.153	.131	.125
219	1.33	1.50	1.47	.223	.272	.277
225	2.36	1.92	2.05	.498	.426	.422
233	2.53	2.86	2.85	.532	.622	.621
252	3.92	3.95	3.72	.850	.891	.858
260	4.59	4.00	3.74	1.063	.933	.866
269	4.09	4.00	3.74	.835	.933	.866
Albright						
197	.13	.18	0	.019	0	0
204	.31	.33	.22	.044	.016	.034
212	1.00	.83	.76	.154	.117	.168
219	1.51	1.41	1.40	.254	.249	.324
225	2.11	2.01	1.99	.409	.398	.485
233	2.54	2.76	2.74	.531	.589	.674
252	3.99	3.89	3.76	.822	.866	.840
260	4.68	3.97	3.79	1.102	.874	.890
269	4.13	3.97	3.79	.811	.874	.840

La figure 6 et la figure 7 dressent une comparaison entre les rendements observés et simulés pour les quatre fermes, à partir des temps-P relevés au MAC. La récolte de Godbout a montré la meilleure croissance des quatre fermes, ses rendements en poids sec et frais de tubercules étant les plus élevés. Par contre, c'est la ferme Wright qui a le moins bien réussi. Soulignons que la ferme Godbout présentait une combinaison d'une valeur peu élevée de Ptg et d'une valeur élevée de B.

Les résultats simulés pour les quatre fermes correspondaient assez bien avec les données sur le rendement véritable. Précisons toutefois que les paramètres Ptg et B ont été estimés à partir des données sur la récolte plutôt qu'à partir des données sur le milieu (c'est-à-dire ensoleillement, durée des jours, déficit hydrique du sol, etc.) comme l'exigerait le modèle. De même, les valeurs Pmb et Pcb ont elles aussi été tirées des données recueillies sur les quatre fermes en 1985. Par conséquent, bien que les résultats de la simulation indiquent qu'il est possible d'utiliser le modèle de croissance pour prévoir l'accroissement du rendement de pommes de terre, nous ne pourrons vérifier la validité des présents résultats tant que nous ne disposerons pas de données plus étendues sur les récoltes et le milieu.

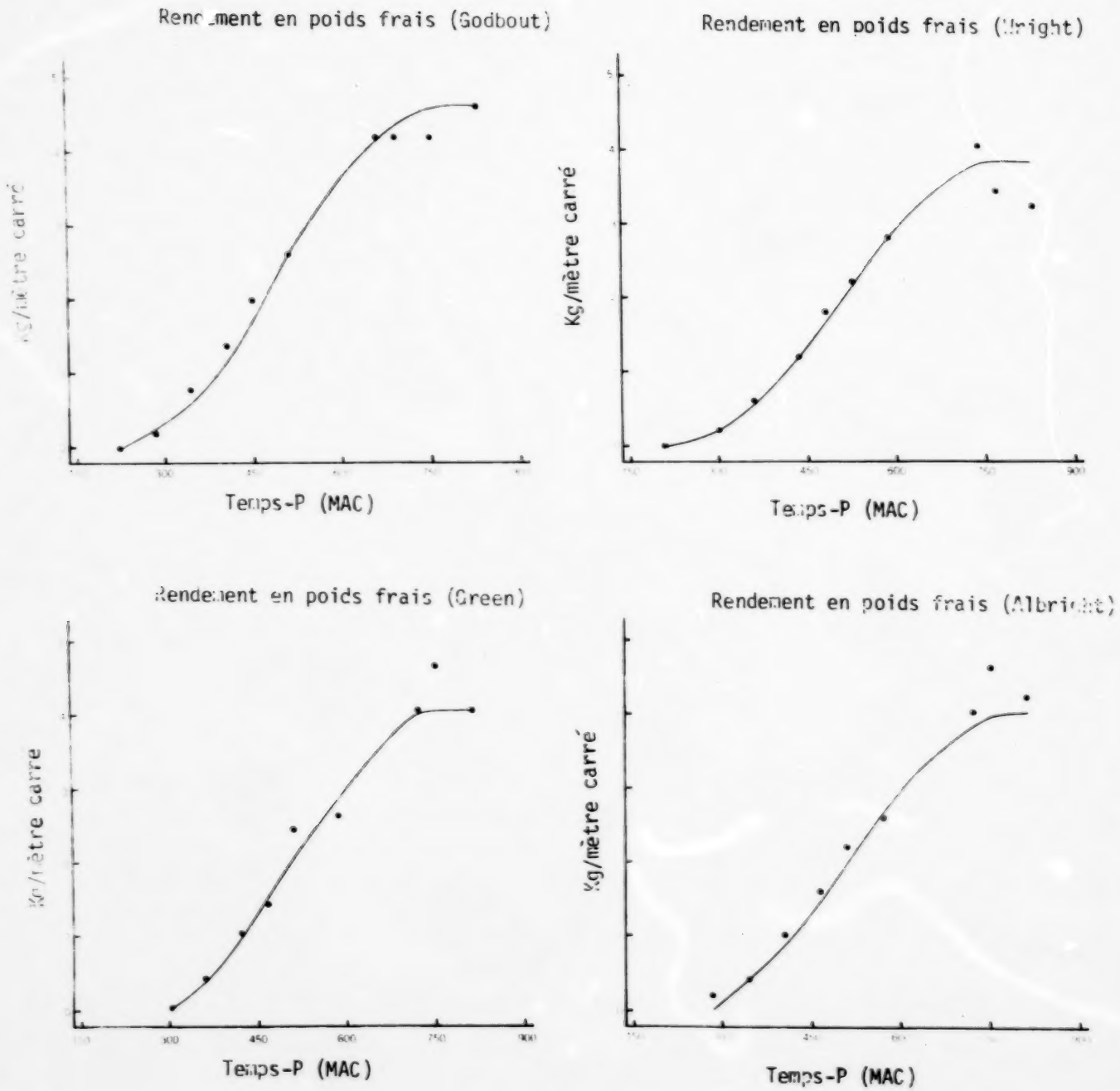

Figure 6 Poids frais observé (marqué par un X) et simulé de tubercules.

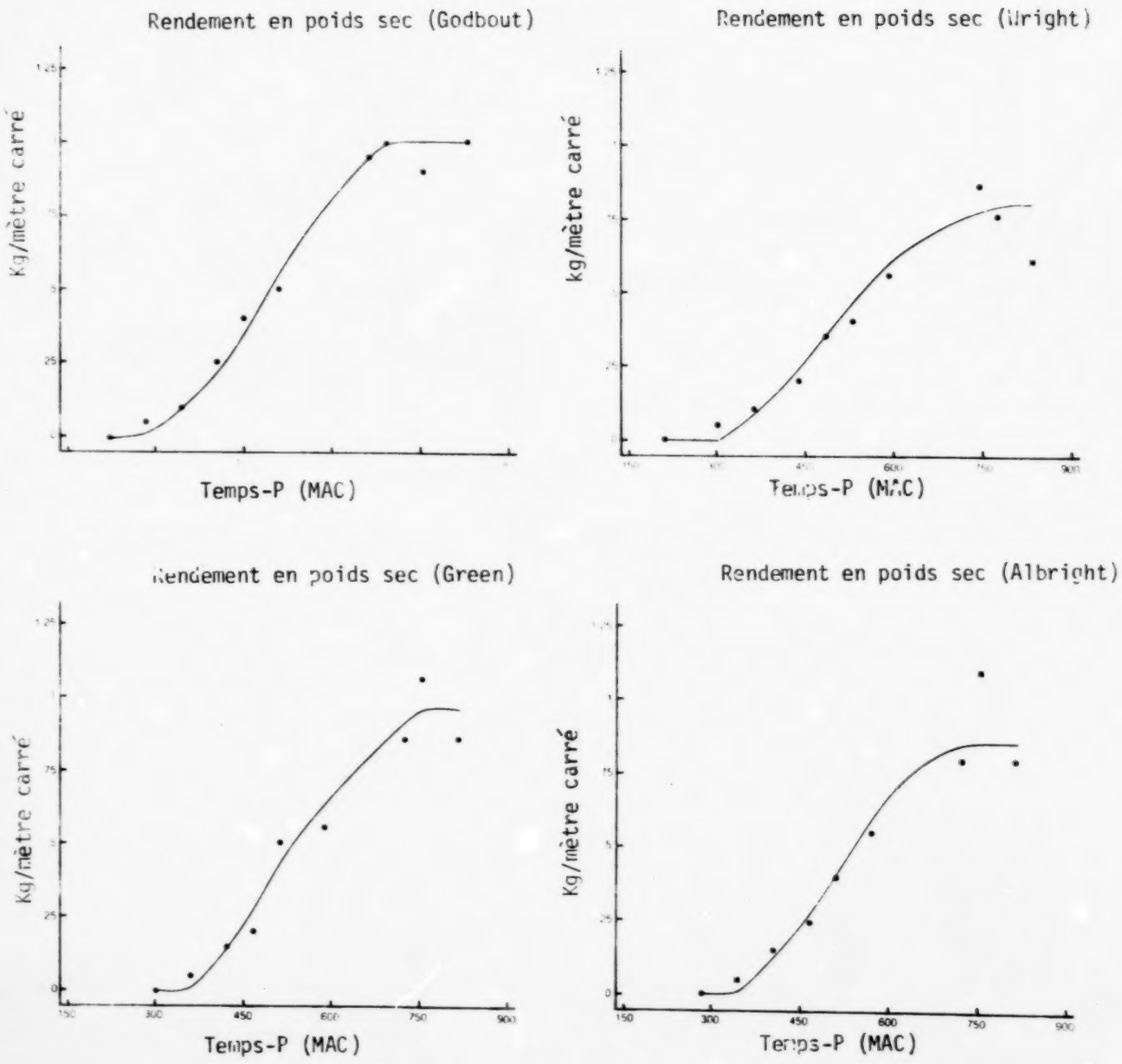

Figure 7 Poids sec observé (marqué par un X) et simulé de tubercules.

Échantillons de sol et ensoleillement

Il nous faut des données sur le déficit hydrique du sol et l'ensoleillement pour déterminer les valeurs Ptg et B, de même que des renseignements sur la gestion de la récolte et la densité des plants. Dans le présent rapport, ces deux paramètres ont été estimés empiriquement à partir de données sur l'accroissement du rendement. Il faudra donc nous intéresser de plus près à cet aspect. Nous avons prélevé des échantillons de sols dans les fermes afin de mesurer le déficit hydrique. Nous avons aussi enregistré des données sur l'ensoleillement à la ferme Godbout. Nous en sommes encore à étudier ces données en vue de connaître leur utilité dans l'estimation des valeurs Ptg et B. On trouvera en annexe les renseignements recueillis relativement aux échantillons de sol et à l'ensoleillement.

Références

Hackett, C., Sands, P.J. and Nix, H.A. 1979. A model of the development and bulking of potatoes (Solanum tuberosum L.). II. Prediction of district commercial yields. Field Crops Res., 2:333-347.

Hackett, C., Sands, P.J. and Nix, H.A. 1979b. A model of the development and bulking of potatoes (Solanum tuberosum L.). III. Some implications for potato production and research. Field Crops. Res., 2:349-364.

Regel, P.A. and Sands, P.J. 1983. A model of the development and bulking of potatoes (Solanum tuberosum L.). IV. Daylength, plant density and cultivar effects. Field Crops Res., 6:1-23.

Sands, P.J., Hackett, C. and Nix, H.A. 1979. A model of the development and bulking of potatoes ((Solanum tuberosum L.). I. Derivation from well-managed field crops. Field Crops Res., 2:309-311.

Sands, P.J. and Regel, P.A. 1983. A model of the development and bulking of potatoes (Solanum tuberosum L.). V. A simple model for predicting graded yields. Field Crops Res., 6:25-40.

ANNEXE

Échantillons de sols

Nous avons prélevé un échantillon de sol à chacun des cinq endroits lors de chaque visite afin d'établir la relation sol-eau. Le tableau 1a montre l'humidité du sol (pourcentage d'eau par poids) pour différents jours d'échantillonnage dans les différents endroits.

Tableau 1a. Humidité du sol (pourcentage d'eau par poids) à chaque endroit au cours de la saison.

Date	Jean-Marc	Wright	Green	Albright	Ag. Canada
16 juillet	22.4	29.3	23.5	33.3	
23 juillet	15.4	26.6	18.9	31.3	
24 juillet					15.7
29 juillet					24.7 (avI)
					36.8 (apI)
31 juillet	22.8	22.4	19.3	31.7	
2 août					28.3
7 août	18.2	18.2	20.7	27.3	
9 août					24.2
13 août	18.0	18.1	14.3	28.0	
15 août					17.3
21 août	17.6	20.0	14.2	18.6	
26 août					20.8
5 septembre					23.5
9 septembre	17.7	19.9	16.7	24.8	
12 septembre					18.0
17 septembre	16.8	18.0	19.1	24.7	
26 septembre	23.3	21.2	18.6	31.6	
3 octobre	23.4				

avI - avant irrigation.
apI - après irrigation.

Le 26 septembre, nous avons emprunté un prélève-carotte à la section d'inventaire des sols pour déterminer la "capacité aux champs" ou le pourcentage d'eau par volume à 100 cm d'eau, de chaque sol, ainsi que sa densité apparente. L'équation qui suit sert de base à la détermination de la capacité aux champs, en profondeur d'eau (mm), comme l'exige le modèle (TUBERS) :

sol humidité (% d'eau) (par volume) = (% d'eau) (par poids) * (densité / densité de) (apparente/ l'eau)

profondeur d'eau (en mm) = % d'eau par volume * profondeur du sol) (mm)

En même temps, nous avons prélevé des échantillons de sols pour en déterminer la texture. Le tableau 2a donne les résultats tant en matière de capacité aux champs qu'en matière de texture du sol. Le tableau 3a montre quant à lui l'humidité du sol (pourcentage d'eau par volume) à chaque échantillonnage. Comme on peut le voir au tableau 3a, il y a une certaine variation dans les échantillons car l'humidité du sol (pourcentage d'eau par volume) ne devrait pas excéder la capacité aux champs.

Tableau 2a. Résultats de la détermination de la capacité aux champs et de la texture du sol.

	Jean-Marc	Wright	Green	Albright	Ag. Canada
densité apparente (g/cm^3)	1.02	1.23	1.25	1.23	1.06
capacité aux champs (% d'eau par volume) (à 100 cm d'eau)	32.10	32.96	30.15	42.44	30.81
profondeur d'eau (mm)					
à une profondeur de 15 cm	48.2	49.4	45.2	63.7	46.2
à une profondeur de 20 cm	64.2	65.9	60.3	84.7	61.6
à une profondeur de 25 cm	80.3	82.4	75.4	106.1	77.0
texture du sol	loam	loam	loam	loam limoneux	loam sableux
% de sable	48.9	50.5	42.6	28.8	55.1
% de limon	32.4	33.3	35.0	48.8	30.0
% d'argile	18.7	16.2	22.4	22.4	14.9

Tableau 3a. Humidité du sol (pourcentage d'eau par volume) à chaque emplacement.

Date	Jean-Marc	Wright	Green	Albright	Ag. Canada
16 juillet	22.85	36.04	29.38	40.96	
23 juillet	15.71	32.04	23.63	38.50	
24 juillet					16.64
29 juillet					26.18 (avI)
					39.01 (apI)
31 juillet	23.26	27.55	24.13	38.99	
2 août					30.00
7 août	18.56	22.39	25.88	33.58	
9 août					25.65
13 août	18.36	22.26	17.88	34.44	
15 août					18.34
21 août	17.95	24.60	17.75	22.87	
26 août					22.05
5 septembre					24.91
9 septembre	18.05	24.48	20.88	30.50	
12 septembre					19.08
17 septembre	17.14	22.14	23.88	30.38	
26 septembre	23.77	26.08	23.25	38.87	
3 octobre	23.87				

avI - avant irrigation.
apI - après irrigation.

Des échantillons de sols prélevés à deux différentes occasions au cours de la saison ont été remis pour analyse à la section d'analyse des sols de la direction de l'industrie végétale, au ministère de l'Agriculture et de l'Aménagement rural du Nouveau-Brunswick. Le tableau 4a donne les résultats de cette analyse pour chacun des emplacements choisis.

Tableau 4a. Analyse du sol des emplacements échantillonnés.

Emplacement et date	pH	Phosphate kg/m^2	C	Potasse kg/m^2	C	Calcium kg/m^2	C	Magnesium kg/m^2	C
Jean-Marc									
23 juillet	5.0	513+	TH	448+	TH	934	F	231	H
17 septembre	5.1	513+	TH	147	M	1413	M	150	M
Wright									
23 juillet	5.0	513+	TH	288	H	1384	M	180	M
17 septembre	6.1	513+	TH	170	M	2175	H	230	H
Green									
23 juillet	4.6	513+	TH	136	M	982	F	187	M
17 septembre	5.1	513+	TH	158	M	1238	M	270	H
Albright									
23 juillet	5.3	513+	TH	448+	TH	1867	M	448+	TH
17 septembre	5.8	513+	TH	138	M	1651	M	442	TH
MAC									
24 juillet	5.0	513+	TH	165	M	745	F	151	M
12 septembre	5.8	513+	TH	121	M	813	F	207	H

C - cote (TH-très haut, H-haut, M-moyen, F-faible).

Enregistrement des données d'ensoleillement

Nous avons placé dans le champ de Jean Marc Godbout un enregistreur de données scientifiques Campbell (CR21) pour enregistrer l'ensoleillement quotidien durant la saison 1985. Bien que l'enregistreur ait été mis en place le 16 juillet, aucune donnée n'a été recueillie avant le 31 juillet, en raison de complications. Nous avons laissé l'enregistreur en place jusqu'au 9 septembre, date à laquelle nous avons dû le remettre à George Reed qui en avait besoin pour un autre projet. Les étapes de programme du CR21 pour le contrôle de l'ensoleillement étaient les suivantes :

```
*41A2A0.0108A0A
*1A1440A52A1A0A
*5A197A14A8A
*0
```

Voici les données d'ensoleillement (en MJ/m^2) recueillies :

212	7.69	222	26.92	232	7.58	242	16.96
213	8.22	223	20.97	233	19.00	243	19.31
214	25.09	224	25.58	234	21.76	244	21.61
215	25.15	225	22.16	235	21.28	245	5.16
216	26.41	226	23.04	236	13.78	246	16.33
217	23.98	227	12.99	237	15.23	247	2.69
218	22.67	228	19.18	238	8.17	248	5.24
219	23.87	229	19.82	239	3.90	249	14.39
220	5.23	230	25.20	240	16.49	250	6.61
221	22.10	231	24.22	241	23.30	251	20.66

Comme nous n'avons recueilli des données que pendant 40 jours, et que ces données n'ont pas été contrôlées durant la période critique de trois semaines suivant la levée, nous ne les avons pas incluses dans le fichier TUBDAT.LIB.

Nous recommandons qu'un enregistreur de données soit mis en place plus tôt au cours de la saison, afin de contrôler cette période critique. De même, comme l'enregistreur CR21 peut enregistrer des données sur plusieurs canaux simultanément, il sera facile d'enregistrer également des données sur la température. Ainsi, nous aurions à notre disposition des données météorologiques très fiables à intégrer au modèle.

Canada

New Brunswick
Nouveau-Brunswick

1984-1989
AGRI-FOOD DEVELOPMENT AGREEMENT
ENTENTE SUR LE DEVELOPPEMENT DU SECTEUR AGRO-ALIMENTAIRE

RÉACTIONS DES LECTEURS
RAPPORT DE PROJET
DÉMONSTRATION DE TECHNOLOGIE
AU NOUVEAU-BRUNSWICK

Comme la communication est un processus bilatéral, nous vous invitons à exprimer vos opinions et vos suggestions et à poser des questions au sujet de cette publication.

Titre du projet _____

1. Avez-vous trouvé cette publication utile?

2. Avez-vous des observations ou des suggestions à faire?

Veuillez faire parvenir vos réponses à l'adresse suivante:

Comité d'information - EAA
Agriculture Canada
Agent régional des
communications
633, rue Queen, Pièce 213
Fredericton (N.-B.)
E3B 1C3

(Veuillez écrire votre nom en lettres moulées)

(Adresse)

(Emploi)

Canada

New Brunswick
Nouveau-Brunswick

1984-1989
AGRI-FOOD DEVELOPMENT AGREEMENT
ENTENTE SUR LE DEVELOPPEMENT DU SECTEUR AGRO-ALIMENTAIRE

Entente auxiliaire Canada/Nouveau-Brunswick sur le développement du secteur agro-alimentaire
Sous-programme de technologie

Ce sous-programme fournit des fonds à l'industrie agro-alimentaire du Nouveau-Brunswick dans le but d'accroître la productivité et l'efficacité du secteur. Cet objectif sera atteint par la mise au point, l'adaptation, le transfert et l'adoption rapide de technologies pour la production et la commercialisation de produits agricoles actuels et nouveaux.

Observation: Vous pouvez vous procurer d'autres exemplaires du rapport à l'adresse suivante:

Comité d'information - EAA
Agriculture Canada
Agent régional des communications
633, rue Queen, pièce 213
Fredericton (N.-B.)
E3B 1C3

No. de téléphone: (506) 452-3961